

TUGAS AKHIR - KS 141501

KLASIFIKASI PENYAKIT GAGAL JANTUNG KONGESTIF MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BERDASARKAN EKSTRAKSI FITUR MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS (MFDFA) PADA VARIABILITAS DENYUT JANTUNG

CLASSIFICATION OF CONGESTIVE HEART FAILURE DISEASE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BASED ON MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS FEATURE EXTRACTION ON HEART RATE VARIABILITY

DHIMAS YOGA ANANTA
NRP 5213 100 105

Dosen Pembimbing I
Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom

Dosen Pembimbing II
Faizal Mahananto, S.Kom, M.Eng, Ph.D

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS 141501

**KLASIFIKASI PENYAKIT GAGAL JANTUNG
KONGESTIF MENGGUNAKAN ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK (ANN) BERDASARKAN
EKSTRAKSI FITUR MULTIFRACTAL
DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS
(MFDFA) PADA VARIABILITAS DENYUT
JANTUNG**

DHIMAS YOGA ANANTA
NRP 5213 100 105

Dosen Pembimbing I
Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom

Dosen Pembimbing II
Faizal Mahananto, S.Kom, M.Eng, Ph.D

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - KS 141501

CLASSIFICATION OF CONGESTIVE HEART FAILURE DISEASE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BASED ON MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS FEATURE EXTRACTION ON HEART RATE VARIABILITY

DHIMAS YOGA ANANTA
NRP 5213 100 105

Supervisor I
Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom

Supervisor II
Faizal Mahananto, S.Kom, M.Eng, Ph.D

DEPARTEMENT OF INFORMATION SYSTEMS
Faculty of Information Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI PENYAKIT GAGAL JANTUNG KONGESTIF MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BERDASARKAN EKSTRAKSI FITUR MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS (MFDFA) PADA VARIABILITAS DENYUT JANTUNG TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada

Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DHIMAS YOGA ANANTA
5213 100 105

Surabaya, Juli 2017

KEPALA
DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI



Dr.Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom.

NIP 19650310 199102 1 001

LEMBAR PERSETUJUAN

KLASIFIKASI PENYAKIT GAGAL JANTUNG KONGESTIF MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BERDASARKAN EKSTRAKSI FITUR MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS (MFDFA) PADA VARIABILITAS DENYUT JANTUNG

TUGAS AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

DHIMAS YOGA ANANTA

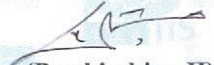
5213 100 105

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 04 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017


Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom


(Pembimbing I)


Faizal Mahananto, S.Kom, M.Eng, Ph.D


(Pembimbing II)

Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T


(Penguji I)

Ahmad Mukhlason, S.Kom, M.Sc


(Penguji II)

**KLASIFIKASI PENYAKIT GAGAL JANTUNG
KONGESTIF MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK (ANN) BERDASARKAN EKSTRAKSI
FITUR MULTIFRACTAL DETRENDED
FLUCTUATION ANALYSIS (MFDFA) PADA
VARIABILITAS DENYUT JANTUNG**

Nama Mahasiswa : Dhimas Yoga Ananta
NRP : 5213 100 105
Departemen : SISTEM INFORMASI FTIF-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.
**Dosen Pembimbing 2 : Faizal Mahananto, S.Kom, M.Eng,
Ph.D**

ABSTRAK

Gagal Jantung Kongestif adalah gejala dan tanda-tanda yang muncul pada pasien yang hatinya tidak mampu menjaga fungsi peredaran darah yang cukup untuk memasok jaringan tubuh dengan oksigen dalam semua keadaan. Kondisi tersebut dapat terjadi sementara atau permanen. Tekanan darah tinggi merupakan penyebab utama gagal jantung kongestif. Penyakit jantung dan diabetes juga faktor besar yang mendasari penyebab gagal jantung. Jantung Koroner dan Gagal Jantung merupakan bagian dari penyakit Cardiovascular (CVD).

Berdasarkan data WHO pada tahun 2008 sebanyak 17,3 juta manusia meninggal akibat CVD dan meningkat di tahun 2012 sebanyak 17,5 juta. Di Indonesia sendiri berdasarkan data dari Menteri Kesehatan RI prevalensi penyakit gagal jantung Indonesia tahun 2013 sebesar 0,13% atau diperkirakan sekitar 229.696 orang, sedangkan berdasarkan diagnosis dokter/gejala sebesar 0,3% atau diperkirakan sekitar 530.068 orang.

Penelitian ini menggunakan metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA) pada sinyal HRV berdasarkan denyut jantung untuk mengatasi adanya skala invarian yang memiliki variasi spasial dan temporal. Hasil dari ekstraksi fitur Multifractal Detrended Fluctuation Analysis dilakukan klasifikasi Artificial Neural Network untuk mengetahui perbedaan sinyal HRV pada pasien normal dan pasien penyakit gagal jantung kongestif.

Hasil klasifikasi dari ekstraksi fitur MFDFA menghasilkan akurasi terbaik sebesar 67.24%, akan tetapi hasil akurasi tersebut masih kurang baik karena dalam hasilnya untuk label chf1 dan chf2 hasil klasifikasi hanya beberapa kecil data saja yang diklasifikasikan dengan benar dan hasil ROC nya bernilai 0.694 yang dapat dikategorikan sebagai klasifikasi yang buruk

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya dengan menggunakan metode klasifikasi lainnya dan dapat bermanfaat di dunia medis untuk mendiagnosa penyakit gagal jantung kongestif pada pasien agar segera dilakukan tindakan preventif.

Keyword : Jaringan Syaraf Tiruan, Gagal Jantung Kongestif, Heart Rate Variability, Klasifikasi, Multifractal Detrended Fluctuation Analysis

CLASSIFICATION OF CONGESTIVE HEART FAILURE DISEASE USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BASED ON MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS FEATURE EXTRACTION ON HEART RATE VARIABILITY

Nama Mahasiswa : Dhimas Yoga Ananta
NRP : 5213 100 105
Departemen : SISTEM INFORMASI FTIF-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.
Dosen Pembimbing 2 : Faizal Mahananto, S.Kom, M.Eng, Ph.D

ABSTRACT

Congestive Heart Failure is a symptom and signs that appear in patients whose heart is unable to maintain adequate circulatory function to supply body tissue with oxygen in all circumstances. Such conditions may occur temporarily or permanently. High blood pressure is a major cause of congestive heart failure. Heart disease and diabetes are also major factors that underlie the causes of heart failure. Coronary Heart and Heart Failure are part of Cardiovascular disease (CVD).

Based on WHO data in 2008 as many as 17.3 million people died from CVD and increased in 2012 as much as 17.5 million. In Indonesia itself, based on data from the Minister of Health of Indonesia, the prevalence of heart failure in 2013 is 0.13% or an estimated 229,696 people, while physician / symptom is 0.3% or approximately 530,068 people.

This study used the Multifracted Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA) method on HRV signal based on heart rate to overcome the existence of invariant scale having spatial and

temporal variation. The result of feature extraction of Multifractal Detrended Fluctuation Analysis was classified with Artificial Neural Network to know the difference of HRV signal in normal patients and patients with congestive heart failure.

The classification results of the feature extraction of MFDFA yielded the best accuracy of 67.24%, but the result of the accuracy is still not good because in result for label chf1 and chf2 result of classification only few small data are classified correctly and the result of ROC is 0.694 which can be categorized as bad classification.

The results of this study are expected to be used in subsequent research using other classification methods and can be useful in the medical world to diagnose congestive heart failure in patients for immediate preventive action.

Keyword : Artificial Neural Network, Congestive Heart Failure, Heart Rate Variability, Classification, Multifractal Detrended Fluctuation Analysis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir dengan judul ***“KLASIFIKASI PENYAKIT GAGAL JANTUNG KONGESTIF MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BERDASARKAN EKSTRAKSI FITUR MULTIFRACTAL DETRENDED FLUCTUATION ANALYSIS (MFDFA) PADA VARIABILITAS DENYUT JANTUNG”*** sebagai salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Secara khusus penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi segala rahmat dan pencerahan untuk dapat menyelesaikan tugas belajar selama di Sistem Informasi ITS dan telah memberikan kemudahan serta kesehatan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi.
3. Ibu Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom dan Bapak Faizal Mahananto, S.Kom., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing, memberikan nasihat, dan dukungan kepada penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T. dan Bapak Ahmad Mukhlason, S.Kom, M.Sc selaku dosen penguji penulis yang selalu memberikan masukan yang meningkatkan kualitas dari Tugas Akhir ini.
5. Ibu Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan motivasi dan saran selama penulis menempuh pendidikan S1.
6. Seluruh dosen pengajar, staff, dan karyawan di Jurusan Sistem Informasi, FTIF ITS Surabaya yang telah

memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama ini.

7. Teman-teman dari RDIB dan Beltranis (SI-2013) yang menjadi rekan seperjuangan penulis dalam Tugas Akhir dan membantu penulis selama kuliah di Sistem Informasi
8. Teman – Teman akrab main dan sahabat penulis Alim, Adim, Eki, Zetry yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis agar dapat lulus tepat waktu.
9. Serta semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang belum mampu penulis sebutkan diatas.

Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta doanya. Semoga Tuhan senantiasa memberkati dan membalas kebaikan-kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis pun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dengan segala kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada di dalam Tugas Akhir ini dan bersedia menerima kritik dan saran. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Surabaya, Juni 2017

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Permasalahan	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Relevansi	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Studi Sebelumnya.....	7
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Penyakit Jantung.....	9
2.2.2 Heart Rate Variability (HRV).....	11
2.2.3 MATLAB	12
2.2.4 Klasifikasi	13
2.2.5 Artificial Neural Network.....	13
2.2.6 Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA).....	14
2.2.7 Uji Rank Sum Wilcoxon.....	16
2.2.8 Uji Validitas.....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Metodologi.....	19
3.2 Studi Literatur dan pengumpulan data.....	20
3.3 Preproses data	20
3.4 Ekstraksi fitur MFDFA.....	20
3.5 Klasifikasi ANN	22
3.6 Analisa hasil klasifikasi	22
3.7 Penarikan Kesimpulan.....	22
3.8 Penyusunan Buku Laporan Tugas Akhir	22

BAB IV PERANCANGAN	25
4.1 Pengumpulan dan Pra-prosesing Data.....	25
4.1.1 Pengumpulan data.....	25
4.1.2 Pra-processing data	25
4.2 Perancangan Model Multifractal Detrended Fluctuation Analysis	26
4.3 Menghitung Parameter Input	26
4.3.1 Menghitung Parameter Jarak h_q	26
4.3.2 Menghitung Parameter Nilai Kelengkungan	26
4.4 Uji Signifikansi Pada Parameter Input.....	27
4.4.1 Uji Signifikansi Jarak.....	27
4.4.2 Uji Signifikansi Kelengkungan	27
4.5 Pemodelan ANN.....	28
4.6 Uji Validitas.....	29
BAB V IMPLEMENTASI	31
5.1 Pra Processing Data	31
5.2 Penyiapan Data Masukan	31
5.3 Implementasi MFDFA.....	32
5.3.1 Menghitung Integrasi Time Series	33
5.3.2 Membagi Segment dan Menghitung Fungsi Fluktuasi.....	34
5.3.3 Menghitung Multifractal Spectrum.....	36
5.3.4 Menghitung Parameter Input	40
5.4 Uji Coba Model MFDFA.....	40
5.5 Uji Signifikansi Parameter.....	41
5.6 Uji Klasifikasi Artificial Neural Network	42
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	45
6.1 Hasil Signifikansi MFDFA.....	45
6.2 Analisis Deskriptif Hasil MFDFA.....	48
6.3 Hasil Klasifikasi ANN.....	53
6.4 Hasil Uji Validasi	60
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	63
7.1 Kesimpulan.....	63
7.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
BIODATA PENULIS.....	67
LAMPIRAN A : Hasil Output MFDFA Percobaan 1 . - 1 -	

LAMPIRAN B : Hasil Output MFDFA Percobaan 2 ..-	1 -
LAMPIRAN C : Hasil Output MFDFA Percobaan 3 ..-	1 -
LAMPIRAN D : Hasil Output MFDFA Percobaan 4 ..-	1 -
LAMPIRAN E : Hasil Klasifikasi MFDFA Percobaan 1-	1
-	
LAMPIRAN F : Hasil Klasifikasi MFDFA Percobaan 2-	1
-	
LAMPIRAN G : Hasil Klasifikasi MFDFA Percobaan 3-	1
-	
LAMPIRAN H : Hasil Klasifikasi MFDFA Percobaan 4-	1
-	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sinyal ECG.....	11
Gambar 2.2 Konversi ECG ke HRV	12
Gambar 3.1 Diagram alur pengerjaan tugas akhir.....	19
Gambar 3.2 Flowchart diagram MFDFA	21
Gambar 4.1 Struktur Model ANN.....	29
Gambar 5.1 Noise like time series	33
Gambar 5.2 Random walk time series	33
Gambar 5.3 q-order Hurst Exponent	35
Gambar 5.4 plot q dan Hq	36
Gambar 5.5 plot tq dan q.....	37
Gambar 5.6 Multifractal Spectrum.....	38
Gambar 5.7 Multifractal Spectrum CHF 1	39
Gambar 5.8 Multifractal Spectrum CHF 2.....	39
Gambar 5.9 Multifractal Spectrum NSR.....	39
Gambar 6.1 Grafik plot signifikansi percobaan MFDFA.....	47
Gambar 6.2 Rata-Rata Jarak MFDFA 1	48
Gambar 6.3 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 1	49
Gambar 6.4 Rata-Rata Jarak MFDFA 2.....	49
Gambar 6.5 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 2	50
Gambar 6.6 Rata-Rata Jarak MFDFA 3.....	51
Gambar 6.7 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 3	51
Gambar 6.8 Rata-Rata Jarak MFDFA 4.....	52
Gambar 6.9 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 4	53

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Paper Acuan 1	7
Tabel 2.2 Paper Acuan 2	8
Tabel 4.3 Uji Model ANN.....	28
Tabel 5.1 Pra Proses Data ECG ke HRV	31
Tabel 5.2 Uji Coba MFDFA	40
Tabel 5.3 Uji Model Parameter ANN	43
Tabel 6.1 Hasil Signifikansi output MFDFA	45
Tabel 6.2 Hasil Klasifikasi output MFDFA	54
Tabel 6.3 Hasil Klasifikasi ANN Prediksi dengan Status	55
Tabel 6.4 Hasil Uji Validasi	60

BAB I

PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan ini akan menjelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, dan manfaat kegiatan tugas akhir. Berdasarkan uraian pada bab ini, diharapkan mampu memberi gambaran umum permasalahan dan pemecahan masalah pada tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Gagal Jantung Kongestif adalah gejala dan tanda-tanda yang muncul pada pasien yang jantungnya tidak mampu menjaga fungsi peredaran darah yang cukup untuk memasok jaringan tubuh dengan oksigen dalam semua keadaan. Kondisi tersebut dapat terjadi sementara atau permanen [1]. Tekanan darah tinggi merupakan penyebab utama gagal jantung kongestif. penyakit jantung dan diabetes juga faktor besar yang mendasari penyebab gagal jantung. Orang-orang yang pernah mengalami serangan jantung beresiko tinggi terkena kondisi ini [2].

Jantung Koroner dan Gagal Jantung merupakan bagian dari penyakit *Cardiovaskular* (CVD). *Cardiovaskular Disease* atau penyakit *Cardiovaskular* adalah penyakit yang menyerang bagian jantung dan juga pembuluh darah [3]. Menurut data World Health Organization (WHO) pada tahun 2008 sebanyak 17,3 juta manusia meninggal akibat CVD [4] dan meningkat di tahun 2012 sebanyak 17,5 juta [5]. Total kematian CVD tersebut mencapai 31% dari total penyakit yang fatal [4]. Total kematian CVD tersebut terbagi menjadi beberapa penyakit yaitu penyakit jantung rheumatic sebesar 1%, penyakit jantung hipertensi sebesar 6%, penyakit jantung iskemik sebesar 46%, penyakit *Cerebrovascular* sebesar 34%, penyakit jantung inflamasi sebesar 2%, dan CVD lainnya sebesar 11% [4].

Di Indonesia sendiri berdasarkan data dari Menteri Kesehatan prevalensi penyakit jantung koroner di Indonesia tahun 2013 sebesar 0,5% atau diperkirakan sekitar 883.447 orang, sedangkan berdasarkan diagnosis dokter/gejala sebesar 1,5% atau diperkirakan sekitar 2.650.340 orang [6]. Kasus lain yaitu Gagal Jantung untuk prevalensi penyakit gagal jantung di Indonesia tahun 2013 sebesar 0,13% atau diperkirakan sekitar 229.696 orang, sedangkan berdasarkan diagnosis dokter/ gejala sebesar 0,3% atau diperkirakan sekitar 530.068 orang [6]. Penderita penyakit jantung coroner dan gagal jantung banyak ditemukan pada kelompok umur 45-54 tahun, 55-64 tahun dan 65-74 tahun. Namun demikian, berdasarkan diagnosis/gejala, penyakit jantung coroner dan gagal jantung cukup banyak pula ditemukan pada penduduk kelompok umur 15-24 tahun [6]. Banyaknya kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung ini mengisyaratkan bahwa perlunya diadakan pendeteksian penyakit jantung untuk menanggulangi jumlah kematian akibat penyakit jantung koroner dan gagal jantung kongestif.

Jantung dan organ-organ vital lain diatur oleh sistem syaraf otonomik, ketika salah satu organ termasuk jantung mengalami masalah, maka sistem syaraf otonomik juga menunjukkan kondisi yang tidak normal. Pada dasarnya terdapat korelasi antara sistem syaraf otonom dengan penyakit jantung. *Heart Rate Variability* (HRV) adalah penanda kuantitatif yang menjanjikan. HRV dapat mencerminkan kerja sistem syaraf simpatik dan parasimpatik yang ada pada sistem syaraf otonomik. Sinyal HRV yang muncul dapat menjadi penanda penyakit jantung yang diderita saat ini. Untuk mendapatkan sinyal HRV dapat dilakukan dengan menghitung variasi R-R Interval pada sinyal ECG. Sinyal HRV yang merupakan sinyal biomedis memiliki struktur nonlinear [7] dan pola data yang non-stationer, dengan adanya struktur yang non-stationer ini, maka metode yang paling cocok digunakan adalah dengan menggunakan *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) yang terkenal dengan ketahanan terhadap data non-stationeritas [8], namun pada sinyal biomedis seperti HRV juga memiliki sifat

invariant terhadap skala [9]. Dengan adanya skala invarian ini Analisis Fractal (*Fractal Analysis*) merupakan alat prognosis dan diagnosis yang menjanjikan dalam memproses sinyal biomedik seperti HRV [9].

Skala invariant yang ada pada sinyal HRV dapat disebut dengan *Fractal Structure*. *Fractal Structure* itu sendiri terbagi menjadi *Monofractal* dan *Multifractal* [9]. Struktur *Monofractal* sinyal biomedis didefinisikan oleh *power law exponent* tunggal dan diasumsikan bahwa skala invarian independen pada ruang dan waktu [9]. Namun, variasi spasial dan temporal dalam struktur skala invarian sinyal HRV sering muncul [9]. Variasi spasial dan temporal ini menunjukkan struktur *Multifractal* yang didefinisikan oleh spektrum *Multifractal power law exponent* [9]. Penelitian ini menggunakan metode *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* (MFDFA) pada sinyal HRV berdasarkan denyut jantung untuk mengatasi adanya sifat invarian pada skala yang memiliki variasi spasial dan temporal.

Hasil dari ekstraksi fitur *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* dilakukan klasifikasi *Artificial Neural Network* untuk mengetahui perbedaan sinyal HRV pada pasien normal dan pasien penyakit gagal jantung kongestif.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam dunia medis untuk mendiagnosa penyakit gagal jantung kongestif pada pasien, dengan menggunakan metode yang digunakan pada tugas akhir ini, diharapkan dapat dilakukan tindakan preventif pada kasus penyakit gagal jantung kongestif.

1.2 Rumusan Permasalahan

Perumusan masalah yang diangkat pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana penerapan metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis untuk mengekstraksi fitur sinyal HRV pada pasien gagal jantung kongestif?

2. Bagaimana hasil ekstraksi fitur Multifractal Detrended Fluctuation Analysis pada sinyal HRV denyut jantung?
3. Bagaimana hasil klasifikasi penyakit gagal jantung kongestif menggunakan Artificial Neural Network pada sinyal HRV denyut jantung yang telah diekstraksi oleh fitur Multifractal Detrended Fluctuation Analysis?

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan ekstraksi fitur *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* pada sinyal HRV denyut jantung.
2. Data yang digunakan adalah data sinyal ECG pada pasien penyakit gagal jantung kongestif dan pasien normal yang didapatkan dari www.physionet.org yang selanjutnya dikonversi menjadi sinyal HRV.
3. Data ECG yang digunakan adalah data 72 pasien normal dan 44 pasien penyakit gagal jantung kongestif.
4. Klasifikasi hanya dilakukan untuk kasus penyakit gagal jantung kongestif.
5. Penelitian ini menggunakan *Artificial Neural Network* untuk melakukan Klasifikasi.
6. Hasil dari penelitian ini adalah implementasi metode MFDFA ke dalam MATLAB yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data sinyal HRV dan model klasifikasi ANN

1.4 Tujuan

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menerapkan metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis pada sinyal HRV denyut jantung.

2. Untuk mengetahui hasil ekstraksi fitur Multifractal Detrended Fluctuation Analysis pada sinyal HRV denyut jantung.
3. Untuk mengetahui hasil klasifikasi penyakit gagal jantung kongestif menggunakan Artificial Neural Network pada sinyal HRV denyut jantung yang telah diekstraksi oleh fitur Multifractal Detrended Fluctuation Analysis?

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1.) Manfaat bagi peneliti:

Menambah pengetahuan peneliti dalam menggunakan metode *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* untuk mengekstraksi fitur pada sinyal HRV pada penyakit gagal jantung kongestif dan menambah pengetahuan dalam mengklasifikasi penyakit Gagal Jantung Kongestif menggunakan Artificial Neural Network.

- 2.) Manfaat untuk instansi kesehatan / ahli medis:

Membantu Rumah Sakit dalam pengambilan keputusan dalam mendiagnosa pasien terhadap penyakit gagal jantung kongestif sehingga segera dilakukan tindakan preventif dan memperkecil jumlah kematian penyakit gagal jantung kongestif akibat telatnya penanganan atau kesalahan diagnosa.

- 3.) Manfaat untuk universitas:

Menambah referensi dalam penggunaan metode *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* dalam mengekstraksi fitur pada sinyal HRV dan menambah

pengetahuan dalam mengklasifikasi penyakit Gagal Jantung Kongestif menggunakan Artificial Neural Network

1.6 Relevansi

Topik yang diangkat pada tugas akhir ini adalah Klasifikasi yang berelevansi dengan bidang peminatan pada Laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis. Topik ini berkaitan dengan mata kuliah Sistem Cerdas, Sistem Pendukung Keputusan, dan Statistika. Penelitian tentang penyakit gagal jantung kongestif ini perlu dilakukan klasifikasi karena dilihat dari Penyakit Gagal Jantung Kongestif merupakan penyakit yang mematikan dan jumlah korban kematian penyakit gagal jantung sangat besar. Metode Multifractal Detrended Fluctuation ini juga merupakan metode yang baru dan masih memiliki potensi yang besar untuk digunakan pada sinyal biomedis atau kasus penyakit lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya dan dasar teori yang akan dijadikan acuan atau landasan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

2.1 Studi Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir disajikan dalam tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2.1 Paper Acuan 1

Judul Paper	Multifractal detrended fluctuation analysis of Pannonian earthquake magnitude series
Penulis; Tahun	Luciano Telesca, Laszlo Toth; 2016
Deskripsi Umum Penelitian	Pada penelitian pertama ini membahas tentang penerapan metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis pada getaran seismic yang terjadi di Pannonia. Penelitian dilakukan untuk 2 kejadian yaitu gempa dangkal (kedalaman kurang dari 40 KM) dan gempa dalam (kedalaman lebih dari 70 KM). Hasil penelitian menunjukkan dimana pada getaran gempa, gempa dangkal memiliki hasil multifractal spectrum yang cenderung simetris sedangkan pada gempa dalam multifractal spectrum memiliki karakter struktur yang condong ke kanan. Penelitian menunjukkan bahwa untuk gempa dalam karakteristik getaran seismicnya lebih multifractal dibandingkan dengan gempa dangkal..

Keterkaitan Penelitian	Penelitian ini dapat menjadi referensi penelitian yang pernah dilakukan terkait metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis yang digunakan.
-------------------------------	--

Tabel 2.1 merupakan penelitian yang dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini, dengan melakukan identifikasi keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Hasil identifikasi menjelaskan bahwa penelitian ini bisa digunakan sebagai acuan pada tugas akhir ini karena memiliki keterkaitan pada metode yang digunakan.

Tabel 2.2 Paper Acuan 2

Judul Paper	Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Human EEG: Preliminary Investigation and Comparison with the Wavelet Transform Modulus Maxima Technique
Penulis; Tahun	Todd Zorick ¹ , Mark A. Mandelkern; 2013
Deskripsi Umum Penelitian	Pada penelitian kedua ini membahas tentang penggunaan metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA) dan metode multifractal terdahulu yaitu Wavelet Transform Modulus Maxima (WTMM) pada sinyal electroencephalography (EEG). Pengujian dilakukan pada kondisi otak ketika bangun dan beberapa kondisi tidur yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MFDFA lebih consistent dan memiliki variansi yang lebih kecil untuk pengujian jarak pendek (<30 s) sedangkan untuk metode WTMM sedikit lebih konsisten pada pengujian jarak lama (>8 m).
Keterkaitan Penelitian	Penerapan metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA) dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan acuan untuk tahapan metodologi yang akan digunakan pada tugas akhir.

Tabel 2.2 merupakan penelitian yang dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini, dengan melakukan identifikasi keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Hasil identifikasi menjelaskan bahwa penelitian ini bisa digunakan sebagai acuan pada tugas akhir ini karena memiliki keterkaitan pada metode yang digunakan.

2.2 Dasar Teori

Berisi teori-teori yang mendukung serta berkaitan dengan tugas akhir yang sedang dikerjakan.

2.2.1 Penyakit Jantung

Penyakit jantung koroner adalah bentuk utama dari penyakit jantung yaitu sebuah penyakit yang terjadi ketika arteri koroner, yang memasok darah ke otot jantung, menjadi mengeras dan menyempit karena penumpukan plak di dalam dinding arteri [2].

Penyakit jantung koroner atau seringkali disebut dengan penyakit jantung dapat menyebabkan serangan jantung. Sebuah serangan jantung terjadi ketika plak kaya kolesterol semburan dan melepaskan isinya ke dalam aliran darah. Hal ini menyebabkan pembekuan darah untuk membentuk lebih dari plak, benar-benar menghalangi aliran darah melalui arteri dan mencegah oksigen dan nutrisi penting menuju jantung. Sebuah serangan jantung dapat menyebabkan kerusakan permanen pada otot jantung [2]

Penyakit jantung terdiri dari sejumlah kondisi serius lainnya, termasuk:

- **Angina**, adalah nyeri dada atau ketidaknyamanan yang terjadi jika daerah otot jantung tidak mendapatkan cukup darah yang kaya oksigen. Angina mungkin merasa seperti ada tekanan atau peremasan di dada. Rasa sakit juga bisa terjadi pada bahu, lengan, leher, rahang, atau puggung. Nyeri angina bahkan mungkin merasa seperti gangguan

pencernaan. Angina bukanlah penyakit; itu merupakan gejala dari masalah jantung yang mendasarinya. Angina biasanya merupakan gejala dari penyakit jantung koroner [10]. Ada dua macam Angina yaitu:

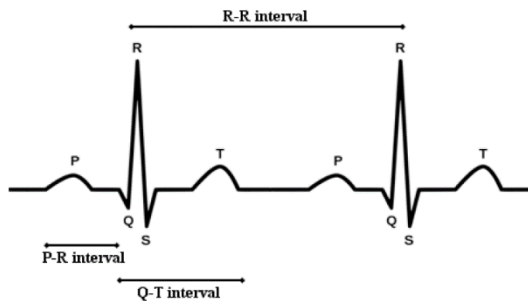
- **Angina stabil**, adalah jenis yang paling umum dari angina. Hal ini terjadi ketika jantung bekerja lebih keras dari biasanya. angina stabil memiliki pola yang teratur. Angina stabil bukanlah serangan jantung, tetapi menunjukkan bahwa serangan jantung mungkin terjadi di masa depan [10].
- **Angina tidak stabil**, angina tidak stabil tidak mengikuti pola. Ini dapat terjadi lebih sering dan lebih parah dari angina stabil. Angina tidak stabil juga dapat terjadi dengan atau tanpa aktivitas fisik, dan istirahat atau obat mungkin tidak mengurangi rasa sakit. Angina tidak stabil sangat berbahaya dan membutuhkan perawatan darurat. Jenis angina ini adalah tanda bahwa serangan jantung akan segera terjadi [10].
- **Gagal Jantung Kongestif**, adalah gejala dan tanda-tanda yang muncul pada pasien yang hatinya tidak mampu menjaga fungsi peredaran darah yang cukup untuk memasok jaringan tubuh dengan oksigen dalam semua keadaan. Kondisi tersebut dapat terjadi sementara atau permanen [1]. Tekanan darah tinggi merupakan penyebab utama gagal jantung kongestif. penyakit jantung dan diabetes juga faktor besar yang mendasari penyebab gagal jantung. Orang-orang yang pernah mengalami serangan jantung beresiko tinggi terkena kondisi ini [2]
- **Aritmia**, Aritmia adalah denyut abnormal. Istilah "aritmia" mengacu pada setiap perubahan dari urutan normal impuls listrik, menyebabkan irama jantung yang abnormal. Beberapa aritmia begitu singkat (misalnya, jeda sementara atau denyut

prematur) dan tidak mempengaruhi irama atau denyut jantung secara keseluruhan. Sebuah denyut jantung yang cepat (pada orang dewasa, lebih dari 100 denyut per menit) disebut *tachycardia*. Sebuah denyut jantung lambat (kurang dari 60 denyut per menit) disebut sebagai bradikardia [11].

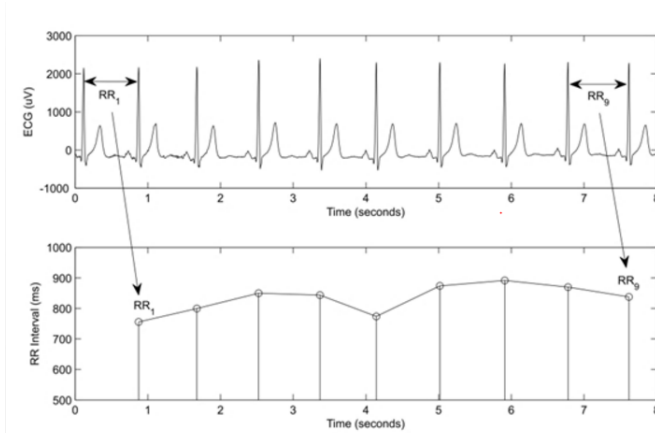
2.2.2 Heart Rate Variability (HRV)

Heart Rate Variability adalah gambaran dari variasi denyut jantung yang dapat mencerminkan kerja sistem syaraf simpatik dan parasimpatik yang ada pada sistem syaraf otonomik. Menghitung HRV dapat dengan mudah dengan menghitung jarak interval R-R pada sinyal ECG. *Electrocardiogram* (ECG) itu sendiri adalah rekaman listrik dari aktivitas jantung dan digunakan dalam diagnosa jantung [12]. ECG memungkinkan mengevaluasi irama dan frekuensi kerja jantung dan memungkinkan penyelidikan kerusakan jantung [12]. Gelombang yang muncul pada ECG mencerminkan aktivitas listrik pada sel Miokardial [13]. Gelombang yang dihasilkan memiliki 3 karakteristik yaitu:

- Durasi, diukur dalam sepersekian detik
- Amplitudo, diukur dalam millivolt (mV)
- Konfigurasi, kriteria yang lebih subjektif mengacu pada bentuk dan penampilan gelombang [13].



Gambar 2.1 Sinyal ECG



Gambar 2.2 Konversi ECG ke HRV

2.2.3 MATLAB

MATLAB adalah sebuah bahasa dengan *performance* yang tinggi, yang mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan lingkungan programming. MATLAB merupakan sebuah lingkungan programming modern, memiliki struktur data yang canggih, mengandung *builtin editing* dan *debugging tools*, dan mendukung *object-orieanted programming*. Fitur-fitur tersebut yang membuat MATLAB sebuah alat yang sangat bagus untuk penelitian [14]

Kelebihan dari MATLAB [14]:

1. MATLAB sebagai sebuah *programming language*
2. MATLAB mengkombinasikan secara baik kalkulasi dan *plotting graphic*
3. MATLAB relative mudah untuk dipelajari
4. Error pada MATLAB mudah untuk di perbaiki
5. Optimasi MATLAB relative cepat ketika melakukan operasi matriks

Kekurangan dari MATLAB [14]:

1. MATLAB bukan merupakan sebuah bahasa pemrograman seperti C, C++, or FORTRAN
2. MATLAB didesain untuk *scientific computing*, dan tidak cocok untuk aplikasi lainnya
3. Perintah yang ada pada MATLAB lebih spesifik yang hanya bisa digunakan di MATLAB

2.2.4 Klasifikasi

Klasifikasi adalah sebuah perintah set dari kategori terkait untuk mengelompokkan data menurut kesamaannya. Sebuah klasifikasi terdiri dari kode dan deskriptor. Tujuan prinsip klasifikasi adalah untuk menyederhanakan dunia nyata dan meningkatkan pemahaman itu [15].

Langkah-langkah yang terlibat dalam pengembangan klasifikasi termasuk:

- 1) Perencanaan awal
- 2) Menentukan ruang lingkup klasifikasi
- 3) Menyiapkan draft klasifikasi
- 4) Menyelesaikan klasifikasi
- 5) Pemeliharaan dan dukungan klasifikasi [15]

Dalam metode klasifikasi terbagi menjadi dua yaitu *Supervised* dan *Unsupervised*, dimana untuk *supervised* adalah metode klasifikasi dengan menggunakan data yang berlabel sedangkan untuk *unsupervised* menggunakan data yang tidak menggunakan label sehingga pengetahuan yang terkodifikasi pada model adalah pola-pola yang terdapat pada data.

2.2.5 Artificial Neural Network

Artificial Neural Network merupakan sebuah sistem komputasional yang terinspirasi oleh Struktur, metode pengolahan, dan kemampuan belajar dari biologis otak. Penemu dari Algoritma ANN ini adalah Warren McCulloch dan Walter Pitts pada tahun 1943 memperkenalkan jaringan saraf, Warren McCulloch dan Walter Pitts menciptakan

perangkat jaringan elektronik berdasarkan neuron dan menunjukan bahwa jaringan sederhana semacam ini bahkan dapat menghitung hampir semua logika atau aritmatika fungsi [16]. Tujuan dari ANN ini yaitu untuk mengenali pola dari data yang ada.

Artificial Neural Network(ANN) terdiri dari sejumlah *input* dan *output* yang terkoneksi dan pada setiap koneksinya terdapat *weight* yang bisa diubah-ubah dengan tujuan untuk mendapatkan hasil prediksi sesuai dengan yang diinginkan. Berikut merupakan lapisan-lapisan yang ada pada ANN:

Input Layer (Lapisan Masukan) : Lapisan terluar yang menghubungkan sumber data ke dalam jaringan pemrosesan. Setiap masukan akan merepresentasikan variabel-variabel bebas yang nantinya akan berpengaruh terhadap keluaran.

Hidden Layer (Lapisan Tersembunyi) : Lapisan perambat variable-variable input untuk mendapatkan hasil output yang sesuai dengan keinginan. Pada ANN multi layer dapat memiliki satu atau lebih *hidden layer*.

Output Layer (Lapisan Keluaran) : Lapisan yang merupakan hasil dari pemrosesan ANN. Output yang dihasilkan dipengaruhi oleh bobot, jumlah lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan fungsi aktivasi yang diterapkan.

2.2.6 Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA)

Langkah – langkah dalam penggunaan metode MFDFA adalah sebagai berikut :

Step 1 : Menghitung rata-rata

Anggap $x(i)$ untuk $i=1 \dots N$ dengan rumus

$$x_{ave} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) \quad (1)$$

Step 2 : Menghitung integrasi time series

$$\mathbf{y}(i) = \sum_{k=1}^i [\mathbf{x}(k) - \mathbf{x}_{ave}] \text{ for } i=1 \dots N \quad (2)$$

Step 3 : Membagi time series yang terintegrasi pada *segment* yang tidak saling *overlapping* N_s (dimana $N_s = \text{int}(N/s)$) dan s adalah panjang segment dan menghitung fungsi fluktuasi. Karena panjang N bukan kelipatan s , sehingga untuk memasukkan bagian ini pada rangkaian proses ini diulang dari kebalikannya. Sehingga $2N_s$ *segment* didapat dan untuk setiap segment kita melakukan minimal *square fit* dari rangkaian tersebut dan menentukan variansinya.

$$\mathbf{F}^2(\mathbf{s}, \mathbf{v}) = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{\mathbf{y}[(\mathbf{v} - 1)\mathbf{s} + \mathbf{i}] - \mathbf{y}_v(i)\}^2 \quad (3)$$

Untuk masing-masing segment $v, v=1, \dots, N_s$ dan

$$\mathbf{F}^2(\mathbf{s}, \mathbf{v}) = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{\mathbf{y}[N - (\mathbf{v} - N_s)\mathbf{s} + \mathbf{i}] - \mathbf{y}_v(i)\}^2 \quad (4)$$

Untuk $v = N_{s+1} \dots 2N_s$. Dimana $y_v(i)$ adalah *fitting polynomial* pada segment v .

Step 4 : Menghitung fungsi fluktuasi

Fungsi fluktuasi q th order didapatkan setelah merata-ratakan $2N_s$ *segment*.

$$\mathbf{F}q(\mathbf{s}) = \left(\frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [\mathbf{F}^2(\mathbf{s}, \mathbf{v})]^2 \right)^{\frac{1}{q}} \quad (5)$$

Dimana, pada umumnya, indeks variabel q bisa mengambil nilai apa saja kecuali nol. F_q tidak bisa didapatkan oleh prosedur rata-rata normal, harus digunakan sebuah *logarithmic averaging*.

$$\mathbf{F}_0(\mathbf{s}) \equiv \exp\left\{ \frac{1}{4N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} \ln[\mathbf{s}, \mathbf{v}] \right\} \approx \mathbf{s}^{h_0} \quad (6)$$

Step 5 : Prosedur diulang dengan nilai yang bervariasi dari s . $F_q(s)$ meningkat dengan peningkatan pada nilai s . Jika rangkaian adalah *long-range power-law correlated*, kemudian $F_q(s)$ akan menunjukkan *power law behavior*.

$$\mathbf{F}q(\mathbf{s}) \approx \mathbf{s}^{hq} \quad (7)$$

Rumus ke 7 bisa juga ditulis dengan $Fq(s) = As^{hq}$, lalu melakukan perhitungan logaritma dari kedua sisi:

$$\log Fq(s) = \log A + h(q) \log s \quad (8)$$

Pada umumnya exponent hq akan bergantung pada q . Hq dikenal sebagai generalisasi *Hurst exponents*, Karena kesetaraan antara h_2 dan Hurst exponent H [17] untuk series stationer. Jika h_q tidak bergantung pada q series disebut monofractal, jika pada kasus sebuah $h(q)$ memiliki nilai bervariasi bergantung pada q maka series adalah *multifractal*.

$$\tau(q) = qh_q - 1 \quad (9)$$

dan

$$\alpha = d\tau/dq \quad (10)$$

Kita dapatkan

$$f(\alpha) = q\alpha - \tau \quad (11)$$

Dimana, α adalah *Singularity Strength* dan $f(\alpha)$ menspesifikasikan dimensi dari subset dari series yang dikarakteristikan dengan α [18]. Spektrum multifractal mampu memberikan informasi dan mengindikasikan berapa variasi dominan *exponents fractal* yang disajikan pada rangkaian. Lebar dari spectrum *singular* sering digunakan untuk pengukuran kuantitatif derajat *multifractality* dari series, kemudian semakin lebar spectrum seriesnya akan lebih *multifractal* [19].

2.2.7 Uji Rank Sum Wilcoxon

Uji *wilcoxon signed rank sum test* merupakan contoh lain dari sebuah non-parametrik atau *distribution free test* [20]. Uji Wilcoxon ini sama dengan uji *paired sample t test* dalam statistika parametrik, Uji Wilcoxon digunakan untuk menguji dua sample berpasangan yang memiliki skala ordinal. Selain memperhatikan tanda beda, *Wilcoxon signed rank test*

memperhatikan besarnya beda dalam menentukan apakah ada perbedaan yang nyata antara data pasangan yang diambil [21].

2.2.8 Uji Validitas

Uji validitas pada klasifikasi dapat digunakan dengan menggunakan *Confusion Matrix* dan ROC (*Receiver Operating Characteristic*). Pengukuran yang biasa digunakan dalam *Confusion Matrix* adalah hasil *precision*, *recall* dan *accuracy* dari uji klasifikasi [22]

Halaman ini sengaja dikosongkan

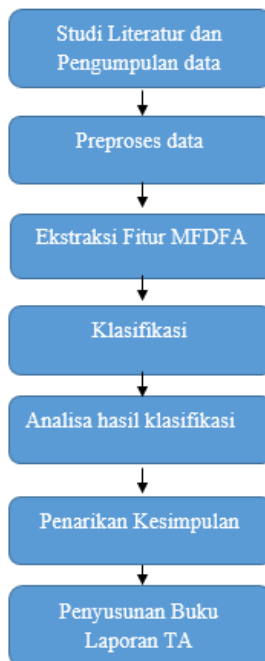
BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam tugas akhir agar terlaksana dengan terstruktur.

3.1 Diagram Metodologi

Diagram alur metodologi untuk tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alur pengerjaan tugas akhir

Gambar 3.1 menjelaskan alur metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini agar pengerjaan tugas akhir bisa berjalan dengan terstruktur dan sistematis

3.2 Studi Literatur dan pengumpulan data

Pada tahapan ini merupakan tahapan pembelajaran terhadap topik yang diangkat untuk penelitian. Pada tahapan ini akan dilakukan review-review dari paper yang dijadikan acuan dan dilakukan pembelajaran terhadap metode yang digunakan yaitu *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*. Pengambilan data dilakukan melalui website physionet.org.

3.3 Preproses data

Pada preproses data, data sinyal ECG yang diambil dari physionet.org pada masing – masing pasien penyakit gagal jantung kongestif dan normal dikonversi ke dalam bentuk HRV dengan cara menghitung variasi R-R Interval nya.

3.4 Ekstraksi fitur MF DFA

Untuk tahapan ekstraksi fitur MF DFA dilakukan seperti pada gambar 3.2. Pada tahapan ini data yang telah dilakukan preproses yaitu data sinyal HRV selanjutnya diterapkan fitur MF DFA. Input dari tahapan ini adalah data sinyal HRV tersebut dan setelah dilakukan ekstraksi fitur MF DFA akan menghasilkan output berupa nilai variabel kelengkungan (α) dan jarak pada *multifractal spectrum* pada masing – masing data pasien normal dan pasien penyakit gagal jantung kongestif. Selanjutnya nilai variabel kelengkungan dan jarak tersebut dilakukan pengujian signifikansi data. Hasil dari uji signifikansi ini nantinya akan dimasukkan ke dalam struktur *Artificial Neural Network*



Gambar 3.2 Flowchart diagram MFDFA

3.5 Klasifikasi ANN

Data variabel jarak dan kelengkungan yang telah dilakukan uji signifikansi dijadikan input pada tahapan ini. Tahap ini akan dilakukan klasifikasi, klasifikasi dilakukan dengan menggunakan *Artificial Neural Network*(ANN). Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan *k-fold cross validation* sebanyak jumlah data input pada pasien penyakit Gagal Jantung Kongestif. Pada tahapan ini akan ditentukan model dari ANN yaitu jumlah layer dan neuron pada *hidden layer*, *momentum*, dan *learning rate*.

3.6 Analisa hasil klasifikasi

Pada tahapan ini akan dianalisis hasil dari klasifikasi dan diketahui tingkat akurasi dari klasifikasi menggunakan *Artificial Neural Network* serta dilakukan uji validitas dengan menggunakan *Confusion Matrix* dan ROC pada hasil uji klasifikasi.

3.7 Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan ini akan ditarik kesimpulan berupa Bagaimana penerapan metode *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*(MDFA) untuk mengekstraksi fitur pada sinyal HRV pada data pasien penyakit gagal jantung kongestif, Bagaimana hasil klasifikasi menggunakan metode Artificial Neural Network pada sinyal HRV yang telah diekstraksi dengan menggunakan fitur *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* (MDFA)

3.8 Penyusunan Buku Laporan Tugas Akhir

Tahapan terakhir adalah pembuatan laporan tugas akhir sebagai bentuk dokumentasi atas terlaksananya tugas akhir ini. Didalam laporan tersebut mencakup :

a. Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat pengerjaan tugas akhir ini.

b. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Dijelaskan mengenai penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan serta teori – teori yang menunjang permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini

c. Bab III Metodologi

Dalam bab ini dijelaskan mengenai tahapan – tahapan apa saja yang harus dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir

d. Bab IV Perancangan

Bab ini menjelaskan tentang rancangan penelitian tugas akhir untuk membuat model. Bab ini berisikan proses pengumpulan data, gambaran data masukan dan keluaran, serta pengolahan data

e. Bab V Implementasi

Bab ini menjelaskan proses pelaksanaan penelitian dan pembuatan model yang akan digunakan.

f. Bab VI Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan mengenai penjelasan hasil dari implementasi dan kemudian akan dilakukan analisa berdasarkan hasil yang didapatkan.

g. Bab VII Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan yang lebih baik.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PERANCANGAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana rancangan dari penelitian tugas akhir yang meliputi subyek dan obyek dari penelitian, pemilihan subyek dan obyek penelitian dan bagaimana penelitian akan dilakukan.

4.1 Pengumpulan dan Pra-processing Data

Pada bagian ini data akan diambil dari sumber dan dikelompokkan sesuai dengan tipe data lalu dilakukan pra-processing data untuk menghasilkan data yang siap dilakukan ekstraksi fitur.

4.1.1 Pengumpulan data

Bahan penelitian untuk tugas akhir ini adalah data sinyal ECG pada pasien normal dan pasien sakit Gagal Jantung Kongestif. Data diambil dari website physionet.org. Jumlah data sebanyak 44 data sinyal ECG pasien Gagal Jantung Kongestif dan 72 data sinyal ECG pasien normal. 44 Data sinyal ECG penyakit Gagal Jantung Kongestif tersebut terpisah menjadi, 15 data chf1 yaitu penyakit chf untuk level 3-4 dan 29 data chf2 untuk penyakit chf level 1-3 sedangkan sisanya sebanyak 72 data sinyal ECG pasien normal yaitu data nsr.

4.1.2 Pra-processing data

Pra-processing data adalah tahapan pengolahan dari data yang telah didapatkan. Dikarenakan data yang didapatkan masih berupa data sinyal ECG, sedangkan data yang dibutuhkan adalah sinyal HRV, maka perlu dilakukan konversi data sinyal ECG ke sinyal HRV. Sinyal HRV dapat didapatkan dengan menghitung *interval* atau jarak antar gelombang R-R pada sinyal ECG.

4.2 Perancangan Model Multifractal Detrended Fluctuation Analysis

Data yang telah diproses dan siap digunakan selanjutnya dilakukan perhitungan MFDFA. Perhitungan MFDFA akan dilakukan dengan perancangan model terlebih dahulu. Perancangan Model MFDFA dilakukan dengan menentukan jumlah data, menentukan nilai scale, dan menentukan nilai q .

4.3 Menghitung Parameter Input

Data yang sudah dilakukan MFDFA akan dihitung parameter input yang akan digunakan dalam klasifikasi ANN yaitu parameter jarak dan parameter kelengkungan.

4.3.1 Menghitung Parameter Jarak h_q

Hasil dari perhitungan MFDFA yang berupa *multifractal spectrum* akan dihitung Jarak h_q yaitu jarak antara letak h_q terkecil dan letak h_q terbesar dan digunakan sebagai input . penghitungan parameter jarak h_q . Hasil parameter jarak h_q pada tiap data selanjutnya akan dilakukan uji signifikansi terlebih dahulu sebelum masuk kedalam klasifikasi di tahap selanjutnya

4.3.2 Menghitung Parameter Nilai Kelengkungan

Hasil *Multifractal Spectrum* yang dihasilkan selanjutnya dihitung nilai kelengkungan menggunakan fitting kurva dengan tipe kuadrat. Hasilnya merupakan 3 nilai yang ada pada persamaan kuadrat yaitu ax^2+bx+c , dimana a, b, c adalah nilai yang dihasilkan oleh fitting tersebut. karena kelengkungan atau *slope* adalah merupakan nilai a . maka yang perlu diambil adalah nilai a saja, dari hasil fitting diambil nilai a . Hasil parameter nilai kelengkungan pada tiap data selanjutnya akan dilakukan uji signifikansi terlebih dahulu sebelum masuk kedalam klasifikasi di tahap selanjutnya.

4.4 Uji Signifikansi Pada Parameter Input

Parameter yang telah dihitung lalu dilakukan uji signifikansi untuk mengetahui apakah antara parameter jarak dan kelengkungan untuk chf1, chf2 dan normal ada perbedaan yang signifikan.

4.4.1 Uji Signifikansi Jarak

Uji signifikansi pada parameter jarak dilakukan dengan uji signifikansi Wilcoxon. Data yang ada dibagi menjadi data chf 1 yang merupakan data penyakit pasien gagal jantung kongestif pada level 3-4 dan chf 2 untuk data penyakit gagal jantung kongestif level 1-3 dan nsr untuk data pasien normal. Semua data jarak hq untuk penyakit gagal jantung kongestif dan normal akan dilihat signifikansinya antara chf 1 dan chf 2 dan juga akan dilihat signifikansi untuk masing – masing antara chf 1 dengan nsr, dan chf2 dengan nsr. Data tersebut dapat dikatakan signifikan apabila hasil *p-value* nya memiliki nilai ≤ 0.05

4.4.2 Uji Signifikansi Kelengkungan

Sama seperti uji signifikansi parameter jarak, uji signifikansi pada parameter kelengkungan dilakukan dengan uji signifikansi Wilcoxon. Data yang ada dibagi menjadi data chf 1 yang merupakan data penyakit pasien gagal jantung kongestif pada level 3-4 dan chf 2 untuk data penyakit gagal jantung kongestif level 1-3 dan nsr untuk data pasien normal. Semua data jarak hq untuk penyakit gagal jantung kongestif dan normal akan dilihat signifikansinya antara chf 1 dan chf 2 dan juga akan dilihat signifikansi untuk masing – masing antara chf 1 dengan nsr, dan chf2 dengan nsr,

4.5 Pemodelan ANN

Hasil uji signifikansi pada parameter selanjutnya akan diambil yang signifikan. Selanjutnya pada pemodelan ANN, diperlukan data untuk diuji, dari total seluruh data yang signifikan untuk setiap hasil MFDFA akan dilakukan *k-fold cross validation*, setelah itu baru dianalisis hasil klasifikasi dari data tersebut.

Pada Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan dalam tugas akhir terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer* disertai dengan parameter yang digunakan dalam proses klasifikasi. Pada input layer berisikan nilai jarak hq dan nilai kelengkungan, pada hidden layer terdiri dari satu lapisan, lapisan ini berisi neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid biner.

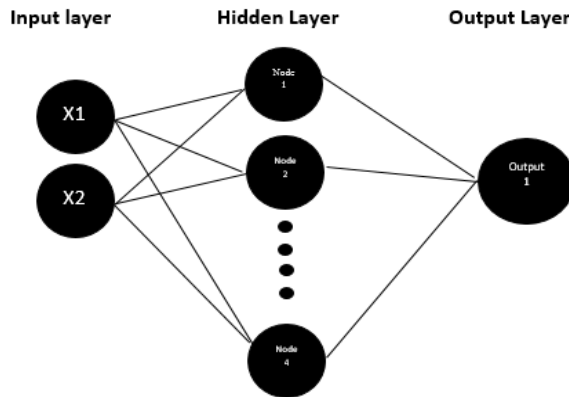
Pemodelan ANN dilakukan dengan menentukan jumlah neuron pada *hidden layer*, menentukan *learning rate*, dan menentukan *momentum* dengan proses *trial* dan *error*. Pada output layer berisikan 1 neuron yaitu chf1(chf level 3-4) , chf2(chf level 1-3) dan normal.

Tabel 4.3 Uji Model ANN

Parameter	Jumlah	Deskripsi
Input	2	Jarak dan Kelengkungan
Hidden Layer	Trial and Error	2-4 neuron
Output Layer	1 neuron	CHF 1(level 3-4), CHF 2(level 1-3), dan Normal
Learning Rate	Trial and Error	0,1 – 0,9
Momentum	Trial and Error	0,5 – 0,9
Epoch	Fix	3000

Tabel 4.1 menjelaskan bahwa dalam perancangan model ANN akan dilakukan Trial dan error pada parameter ANN serta

deksripsi dari parameter tersebut. Struktur model ANN yang digunakan adalah seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Model ANN

Gambar 4.1 menjelaskan struktur model ANN dimana input layer pada model ANN ada 2 yaitu input untuk nilai Jarak dan Kelengkungan yang dihasilkan dari ekstraksi fitur MF DFA dan akan di proses kedalam algoritma ANN feedforward. Untuk menentukan jumlah hidden layer, learning rate, dan momentum digunakan teknik *trial error*. Untuk jumlah layer, jumlah yang digunakan sebanyak 2-4 node, untuk *Learning Rate* dari 0.1 – 0.9, dan untuk *Momentum* dari 0.5-0.9. Output yang dihasilkan ada 1 node yaitu status untuk chf1, chf2 dan normal dengan output nilai 1,0, dan -1.

4.6 Uji Validitas

Hasil klasifikasi ANN dengan parameter terbaik selanjutnya akan diuji validitas dengan menggunakan *Confusion Matrix* berupa *Precision*, *Recall*, dan *Accuracy* nya juga ROC nya untuk menentukan apakah hasil klasifikasi tersebut baik atau buruk.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan proses pelaksanaan penelitian dan pembuatan model yang akan digunakan untuk peramalan.

5.1 Pra Processing Data

Data yang telah didapatkan harus dikonversi terlebih dahulu kedalam HRV. Konversi data dilakukan dengan menggunakan software Cygwin. *Syntax* pada Cygwin untuk mengubah data sinyal ECG ke data sinyal HRV yaitu `rrlist ecg filename -s >fileoutput.rr` . Hasilnya akan menjadi file baru berbasis csv dengan 3 nilai, nilai pertama adalah detik keluar nya sinyal RR, nilai kedua adalah nilai interval RR dan nilai terakhir adalah status sinyal tersebut. seperti tabel 5.1,

Tabel 5.1 Pra Proses Data ECG ke HRV

Detik ke-	Interval RR	Status
0.8956	0.784	N
1.752	0.856	N
2.612	0.86.	N
....
71977.448	1.056	N

Karena status tidak berkaitan dengan penelitian maka nilai status dihapus. Selanjutnya setelah semua status dihapus, maka data siap dilakukan perhitungan model *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*.

5.2 Penyiapan Data Masukan

Data yang telah siap digunakan untuk implementasi MFDDFA dimasukkan kedalam aplikasi MATLAB. Karena data masih berformat .csv dan dalam MATLAB tidak dapat langsung memproses data csv maka diperlukan *syntax* untuk membaca

format csv yaitu ‘dlmread’. Data yang telah diproses dengan menggunakan dlmread selanjutnya akan menjadi variabel baru yang dapat digunakan pada MATLAB.

5.3 Implementasi MFDFA

Data yang telah siap digunakan pada matlab akan di implementasi menggunakan MFDFA. Segmen program 1 adalah *syntax* keseluruhan dalam perhitungan model MFDFA,

```
X=cumsum(input-mean(input)); (1)
X=transpose(X); (2)
scale=[8,16,32,64,128,256]; (3)
q=[-7-5,-3,-1,0,1,3,5,7]; (4)
m=1; (5)
for ns=1:length(scale), (6)
    segments(ns)=floor(length(X)/scale(ns)); (7)
    for v=1: segments(ns), (8)
        Index=((v1)*scale(ns))+1):(v*scale(ns)); (9)
        C=polyfit(Index,X(Index),m); (10)
        fit=polyval(C,Index); (11)
        RMS{ns}(v)=sqrt(mean((X(Index)- (12)
            fit).^2));
        end (13)
        for nq=1:length(q), (14)
            qRMS{nq,ns}=RMS{ns}.^q(nq); (15)
        Fq(nq,ns)=mean(qRMS{nq,ns}).^(1/q(nq)); (16)
    end (17)
    Fq(q==0,ns)=exp(0.5*mean(log(RMS{ns}.^2))); (18)
end (19)
for nq=1:length(q), (20)
    C=polyfit(log2(scale),log2(Fq(nq,:)),1); (21)
    Hq(nq)=C(1); (22)
    qRegLine{nq}=polyval(C,log2(scale)); (23)
end (24)
tq=Hq.*q-1; (25)
hq=diff(tq)./diff(q); (26)
Dq=(q(1:end-1).*hq)-tq(1:end-1); (27)
Parameter1=max(hq)-min(hq); (28)
b=polyfit(hq,Dq,2); (29)
Parameter2=b(1,1); (30)
```

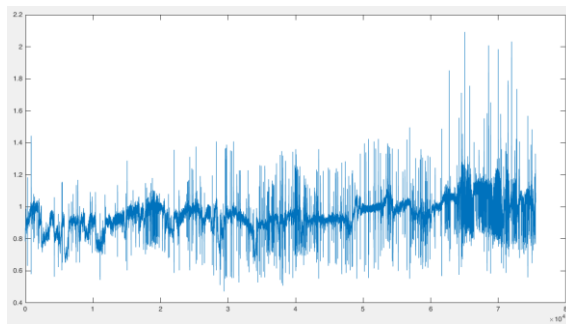
Segmen Program 1

5.3.1 Menghitung Integrasi Time Series

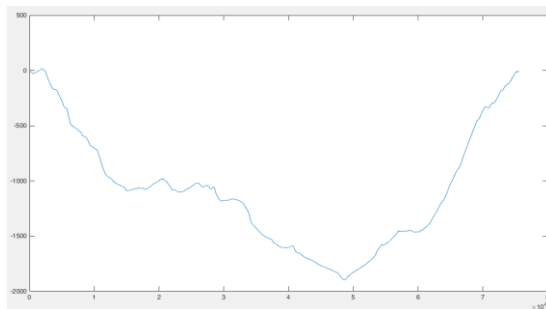
Langkah awal pada implementasi MFDDFA adalah dengan mengubah *noise like time series* menjadi sebuah *random walk time series* dengan cara menghitung rata – rata time series lalu untuk tiap data akan dikurangi oleh rata – rata tersebut dan dilakukan penjumlahan kumulatif. Dalam MATLAB cara tersebut dapat dilakukan dengan memasukkan syntax ke MATLAB seperti segmen program 2.

```
X=cumsum(input-mean(input));
```

Segmen Program 2



Gambar 5.1 Noise like time series



Gambar 5.2 Random walk time series

Gambar 5.1 dan 5.2 menjelaskan contoh *noise like time series* dan *random walk time series*.

5.3.2 Membagi Segment dan Menghitung Fungsi Fluktuasi

Tahap selanjutnya pada MF DFA adalah membagi *random walk time series* tadi menjadi beberapa segmen/bagian. Nilai segmen/bagian yang dimasukkan kedalam MATLAB adalah banyak data yang akan masuk kedalam segmen tersebut. Tiap bagian tersebut akan dicari trend nya dengan cara melakukan *fitting polynomial*. Setelah ditemukan *trend* maka akan dicari luas dari tiap segmen dengan garis *trend* yang muncul dan dilakukan penjumlahan. Cara ini dilakukan sebanyak jumlah segment yang dimasukkan kedalam matlab dengan menggunakan *syntax* seperti segmen program 3.

```
scale=[8,16,32,64,128,256];
q=[-7-5,-3,-1,0,1,3,5,7];
m=1;
for ns=1:length(scale),
    segments(ns)=floor(length(X)/scale(ns));
    for v=1:segments(ns),
        Index=((v1*scale(ns))+1):(v*scale(ns));
        C=polyfit(Index,X(Index),m);
        fit=polyval(C,Index);
        RMS{ns}(v)=sqrt(mean((X(Index)-
            fit).^2));
    end
```

Segmen Program 3

Selanjutnya menghitung fungsi fluktuasi(F_q) dengan memasukkan variabel q pada MATLAB seperti segmen program 4.

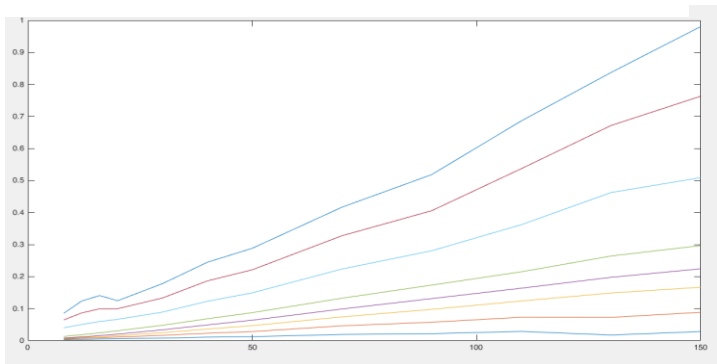
```
q=[-7-5,-3,-1,0,1,3,5,7];
```

Segmen Program 4

Pada dasarnya nilai q boleh dimasukkan apa saja selain 0. F_q tidak bisa didapatkan oleh prosedur rata-rata normal, harus digunakan sebuah *logarithmic averaging* dan dilakukan berulang sebanyak jumlah q nya. Hasil fungsi fluktuasi ini selanjutnya dilakukan perhitungan logaritma. Plot antara log fungsi fluktuasi dan log segment adalah *hurst exponent* (H_q). Karena data merupakan multifractal maka H_q akan berubah-ubah sesuai dengan nilai q yang bisa disebut q -order H_q . Perhitungan dilakukan seperti segmen program 5.

```
for nq=1:length(q) ,
    qRMS{nq,ns}=RMS{ns} .^q(nq) ;
    Fq(nq,ns)=mean(qRMS{nq,ns}) .^(1/q(nq)) ;
end
Fq(q==0,ns)=exp(0.5*mean(log(RMS{ns} .^2))) ;
end
```

Segmen Program 5



Gambar 5.3 q-order Hurst Exponent

Gambar 5.3 menunjukkan hasil plot F_q dengan segment. Dimana pada tiap garis tersebut adalah hasil dari tiap q yang dimasukkan dalam matlab dimulai q yang paling besar adalah

yang paling atas seterusnya hingga q terkecil yang paling bawah.

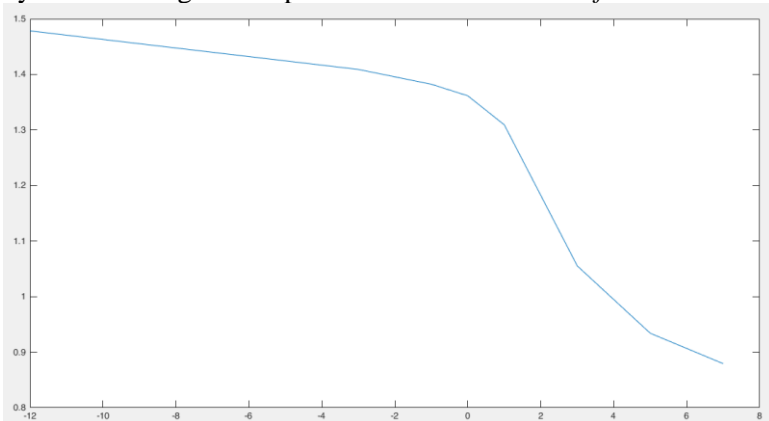
5.3.3 Menghitung Multifractal Spectrum

Dari tiap H_q yang keluar untuk tiap q selanjutnya akan dilihat kemiringannya dengan cara *fitting polynomial* menggunakan *syntax* seperti pada segmen program 6.

```
for nq=1:length(q),
C=polyfit(log2(scale),log2(Fq(nq,:)),1);
Hq(nq)=C(1);
qRegLine{nq}=polyval(C,log2(scale));
end
```

Segmen Program 6

hasil dari kemiringan dari tiap H_q setelah itu di plot dengan q nya untuk mengetahui apakah series tersebut *multifractal*.



Gambar 5.4 plot q dan H_q

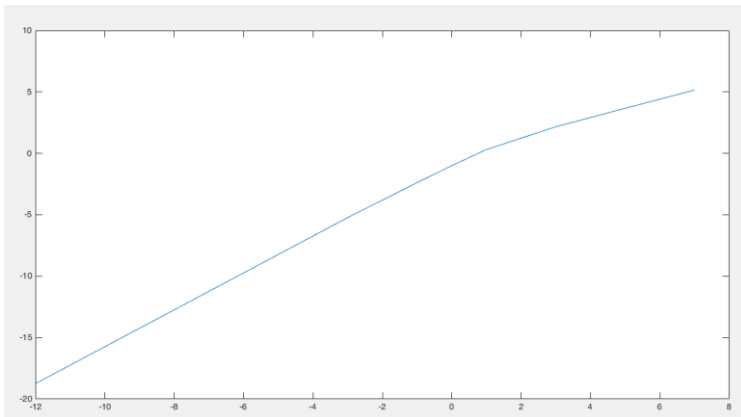
Gambar 5.4 adalah hasil plot q order dengan H_q , apabila grafik tersebut bergerak dari atas lalu terjun kebawah maka data tersebut adalah *multifractal* [9].

Selanjutnya adalah dari nilai H_q tersebut dihitung *q-order mass exponent*(tq) dengan *syntax* seperti pada segmen program 7.

```
tq=Hq.*q-1;
```

Segmen Program 7

Hasil tq yang keluar di plot juga dengan q nya untuk melihat *multifractal* nya.



Gambar 5.5 plot tq dan q

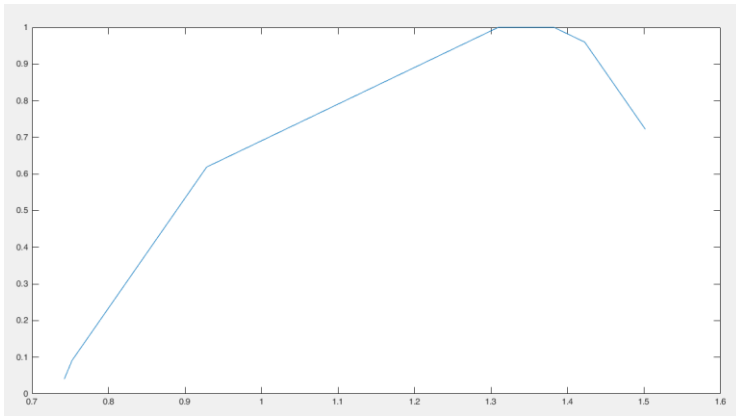
Gambar 5.5 adalah hasil dari plot antara tq dengan q . Apabila hasilnya berupa kurva lengkung ke kanan dan bukan garis linier yang bergerak dari bawah ke atas maka series tersebut *multifractal* [9].

Langkah selanjutnya adalah menghitung *q-order singularity exponent* (hq) dan the *q-order singularity dimension* (Dq) dari hasil tq dengan cara memasukkan *syntax* seperti pada segmen program 8.

```
hq=diff(tq)./diff(q);
Dq=(q(1:end-1).*hq)-tq(1:end-1);
```

Segmen Program 8

Hasil dari hq dan Dq akan di plot dan menjadi sebuah kurva, kurva tersebut adalah hasil dari MFDFA.

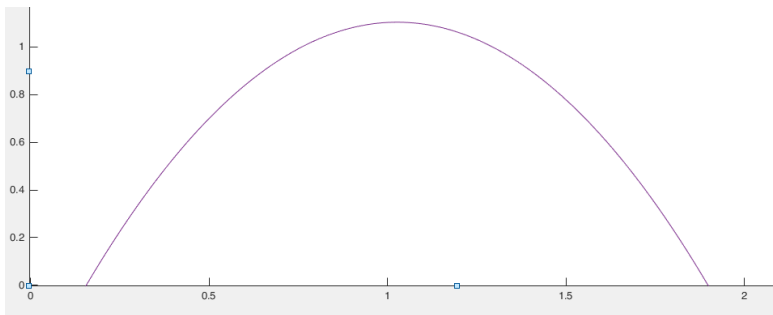


Gambar 5.6 Multifractal Spectrum

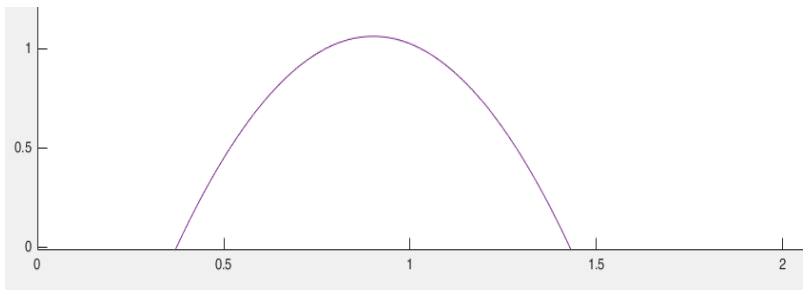
Gambar 5.6 adalah *multifractal spectrum* dimana pada sumbu x adalah nilai dari hq dan sumbu y nilai dari Dq , semakin lebar kurva yang dihasilkan maka semakin *multifractal* time series tersebut [9] [19]. Hasil *multifractal spectrum* yang telah di plot akan di fitting untuk melihat kelengkungannya. Gambar 5.7 adalah hasil *multifractal spectrum* untuk data input chf 1, gambar 5.8 adalah hasil *multifractal spectrum* untuk data input chf 2, dan gambar 5.9 adalah hasil *multifractal spectrum* untuk data input nsr.



Gambar 5.7 Multifractal Spectrum CHF 1



Gambar 5.8 Multifractal Spectrum CHF 2



Gambar 5.9 Multifractal Spectrum NSR

5.3.4 Menghitung Parameter Input

Hasil dari *multifractal spectrum* selanjutnya dilakukan perhitungan parameter yaitu parameter jarak dan parameter kelengkungan dengan memasukkan *syntax* pada MATLAB seperti pada segmen program 9.

```
Parameter1=max(hq)-min(hq);
b=polyfit(hq,Dq,2);
Parameter2=b(1,1);
```

Segmen Program 9

Hasil dari 2 parameter tersebut selanjutnya akan dilakukan signifikansi terlebih dahulu.

5.4 Uji Coba Model MFDFA

Uji coba MFDFA dilakukan untuk mendapatkan signifikansi yang baik dan digunakan nantinya untuk proses klasifikasi. Uji coba model MFDFA dilakukan dengan mengganti jumlah data, *scale*, dan *q*

Tabel 5.2 Uji Coba MFDFA

Uji	Jumlah Data	Scale	q
1.	20 Menit	[10,20,40,100,250,500]	[-5,-3,-1,0,1,3,5]
2.	15 Menit	[10,20,30,40,50,70,90,110,130,150,180,210,240,270,300]	[-9,-7,-5,-3,-1,0,1,3,5,7,9]
3.	20 Menit	[10,20,30,40,50,70,90,110,130,150,180,210,240,270,300,340,380,420,460,500]	[-11,-9,-7,-5,-3,-1,0,1,3,5,7,9,11]
4.	15 Menit	[10,20,30,40,50,100,200,300]	[-7,-5,-3,-1,0,1,3,5,7]

5.5 Uji Signifikansi Parameter

Setelah hasil output yang berupa hasil jarak dan kelengkungan maka dilakukan uji signifikansi dengan menggunakan *Wilcoxon rank sum test*. Output parameter yang dihasilkan akan dilihat signifikansi antara pasien gagal jantung kongestif level 3-4(chf1) dengan pasien gagal jantung kongestif level 1-3(chf2) dan signifikansi antara chf 1 , chf 2 dengan data pasien normal (nsr). *Syntax* yang digunakan dalam uji signifikansi adalah seperti pada segmen program 10.

```
sig1 = ranksum(i,j);
sig2 = ranksum(l,m);
sig3 = ranksum(i,k);
sig4 = ranksum(j,k);
sig5 = ranksum(l,n);
sig6 = ranksum(m,n);
```

Segmen Program 10

dimana,

sig 1	= signifikansi untuk nilai parameter jarak chf 1 dan chf 2
sig 2	= signifikansi untuk nilai parameter kelengkungan chf 1 dan chf 2
sig 3	= signifikansi untuk nilai parameter jarak chf 1 dan jarak nsr
sig 4	= signifikansi untuk nilai parameter jarak chf 2 dan jarak nsr
sig 5	= signifikansi untuk nilai parameter kelengkungan chf 1 dan kelengkungan nsr
sig 6	= signifikansi untuk nilai parameter kelengkungan chf 2 dan kelengkungan nsr
ranksum	= rumus wilcoxon
(i, j)	= data output parameter jarak untuk chf 1 dan chf 2

- (l, m) = data output parameter kelengkungan untuk chf 1 dan chf 2
- (i, k) = data ouput parameter jarak untuk chf1 dan nsr .
- (j, k) = data ouput parameter jarak untuk chf2 dan nsr
- (l,m) = data ouput parameter kelengkungan untuk chf1 dan nsr
- (l,n) = data ouput parameter kelengkungan untuk chf2 dan nsr

Hasil signifikansi yang dihasilkan nantinya akan dimasukkan kedalam uji klasifikasi dan dilihat apakah hasil klasifikasi yang bagus maka hasil klasifikasi juga semakin bagus.

5.6 Uji Klasifikasi Artificial Neural Network

Parameter output MF DFA yang signifikan selanjutnya dilakukan uji klasifikasi dengan menggunakan ANN. Data yang sudah siap diuji tersebut akan diolah dengan menggunakan aplikasi Weka untuk melakukan klasifikasi digunakan fungsi *multilayer perceptron* pada Weka.

Data akan dilakukan *k-fold cross validation* sebanyak data chf1 karena data chf1 lebih sedikit dibandingkan data lain maka kelipatan pengujian cross validation harus dilakukan kelipatan dari jumlah data chf1.

Pada proses uji klasifikasi dilakukan uji coba terhadap *neuron hidden layer*, *learning rate*, *momentum*, dan *epoch*. Hasil keluaran akan berbeda – beda untuk tiap uji coba dan akan dipilih performa terbaik yang dilihat berdasarkan parameter *correctly classified instances* yang paling besar. Parameter ANN yang digunakan dirangkum pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Uji Model Parameter ANN

Parameter	Jumlah	Deskripsi
Input	2 Neuron	Jarak dan Kelengkungan
Output	1 Neuron	CHF 1, CHF 2 dan NSR
Hidden Layer	Trial & Error	2-4 neuron
Learning Rate	Trial & Error	0.1-0.9
Momentum	Trial & Error	0.5-0.9
Epoch	Fix	3000

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil dan pembahasan setelah melakukan implementasi. Hasil yang akan dijelaskan adalah hasil signifikansi MFDFA dan Hasil klasifikasi ANN.

6.1 Hasil Signifikansi MFDFA

Hasil uji signifikansi dari output parameter jarak dan kelengkungan pada masing – masing percobaan model MFDFA adalah dijabarkan pada tabel 6.1 .

Tabel 6.1 Hasil Signifikansi output MFDFA

Perco baan	Jumlah Data	Scale	q	Tipe	Signifikan si
1.	20 Menit	[10,20,40,100 ,250,500]	[-5,-3,- 1,0,1,3,5]	Sig 1	0.0001
				Sig 2	0.0001
				Sig 3	0.0351
				Sig 4	0.0241
				Sig 5	0.0512
				Sig 6	0.0021
2	15 Menit	[10,20,30, 40,50,70,90, 110,130, 150,180, 210,240, 270,300]	[-9,-7,- 5,-3,- 1,0,1,3,5, 7,9]	Sig 1	0.0001
				Sig 2	0.00003
				Sig 3	0.0257
				Sig 4	0.0052
				Sig 5	0.0273
				Sig 6	0.0008
3	20 Menit	[10,20,30,40, 50,70,90,110, 130,150, 180,210, 240,270, 300,340, 380,420, 460,500]	[-11,-9,- 7,-5,-3,- 1,0,1,3,5, 7,9,11]	Sig 1	0.0001
				Sig 2	0.00001
				Sig 3	0.0093
				Sig 4	0.0455
				Sig 5	0.0081
				Sig 6	0.0049

Perco baan	Jumlah Data	Scale	q	Tipe	Signifikan si
4	15 Menit	[10,20,30, 40,50,100, 200,300]	[-7,-5,- 3,- 1,0,1,3,5, 7]	Sig 1	0.0001
				Sig 2	0.0001
				Sig 3	0.0203
				Sig 4	0.0058
				Sig 5	0.0878
				Sig 6	0.0015

Tabel 6.1 menjelaskan bahwa untuk semua percobaan untuk nilai *p-value* pada parameter jarak dan kelengkungan chf 1 dan chf 2 semuanya signifikan, yang dapat dikatakan bahwa data output parameter jarak dan kelengkungan chf 1 dan chf 2 memiliki perbedaan yang signifikan.

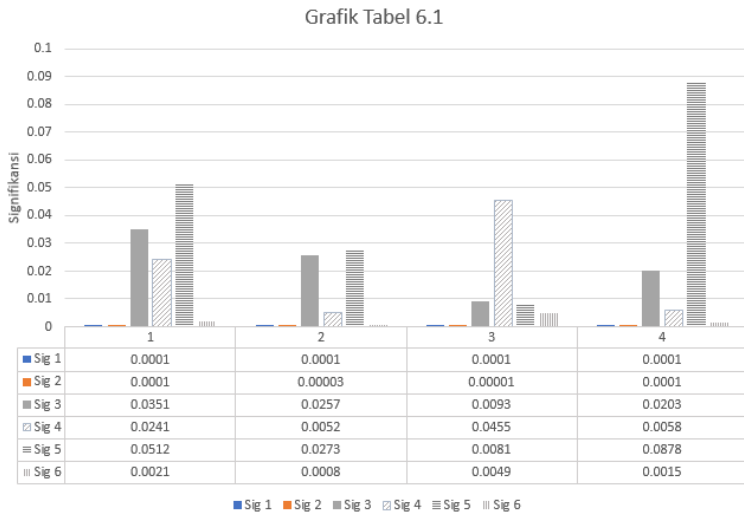
Untuk percobaan ke 1 MFDDFA signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 1 dan nsr (sig 3 dan sig 5) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0.0351 dan 0.0512. sedangkan untuk signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 2 dan nsr (sig 4 dan sig 6) menghasilkan nilai *p-value* terbaik sebesar 0.0241 dan 0.0021.

Untuk percobaan ke 2 MFDDFA signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 1 dan nsr (sig 3 dan sig 5) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0.0257 dan 0.0273. sedangkan untuk signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 2 dan nsr (sig 4 dan sig 6) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0.0052 dan 0.0008.

Untuk percobaan ke 3 MFDDFA signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 1 dan nsr (sig 3 dan sig 5) menghasilkan nilai *p-value* terbaik sebesar 0.0093 dan 0.0081. sedangkan untuk signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 2 dan nsr (sig 4 dan sig 6) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0.0455 dan 0.0021.

Untuk percobaan ke 4 MFDFA signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 1 dan nsr (sig 3 dan sig 5) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0.0203 dan 0.0878. sedangkan untuk signifikansi pada output parameter jarak dan kelengkungan pada chf 2 dan nsr (sig 4 dan sig 6) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0.0058 dan 0.0015.

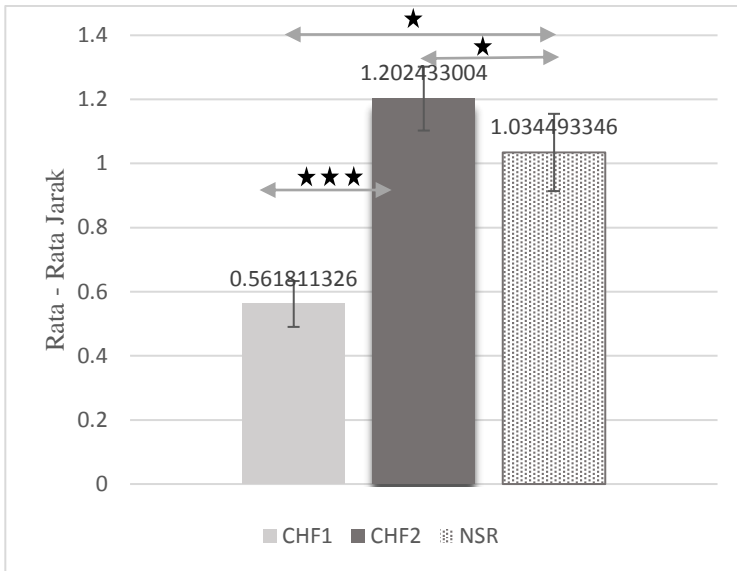
Pada gambar 6.1 grafik menunjukkan plot signifikansi dari tiap percobaan. Grafik menunjukkan bahwa untuk signifikansi 3 dan 5 yaitu signifikansi nilai jarak dan kelengkungan pada chf 1 dan nsr nilai *p-value* terbaik adalah pada percobaan MFDFA ke 3 sedangkan untuk signifikansi 4 dan 6 yaitu signifikansi untuk jarak dan kelengkungan chf2 dan nsr hasil *p-value* terbaik adalah pada percobaan MFDFA ke 2 .



Gambar 6.1 Grafik plot signifikansi percobaan MFDFA

6.2 Analisis Deskriptif Hasil MFDFA

Dari tiap percobaan MFDFA yang telah dilakukan didapatkan hasil mean dan juga *standar error* dari masing – masing jarak dan kelengkungan untuk masing – masing data chf1, chf2, dan nsr.



Gambar 6.2 Rata-Rata Jarak MFDFA 1

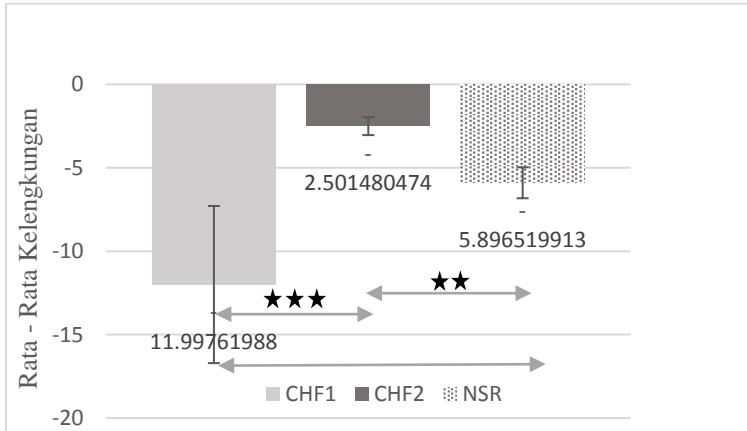
Gambar 6.2 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDFA 1 dengan jumlah data 20 menit, $q(-5,-3,-1,0,1,3,5)$, dan $scale(10,20,40,100,250,500)$ menghasilkan output jarak chf1 dengan rata – rata sebesar 0.56, dan chf2 dengan rata – rata 1.2 dan rata – rata nsr 1.03. Jumlah bintang menunjukkan signifikansi dari dua data berpasangan dengan penjelasan,

1 bintang = $0,01 \leq p\text{-value} < 0.05$

2 bintang = $0,001 \leq p\text{-value} < 0.01$

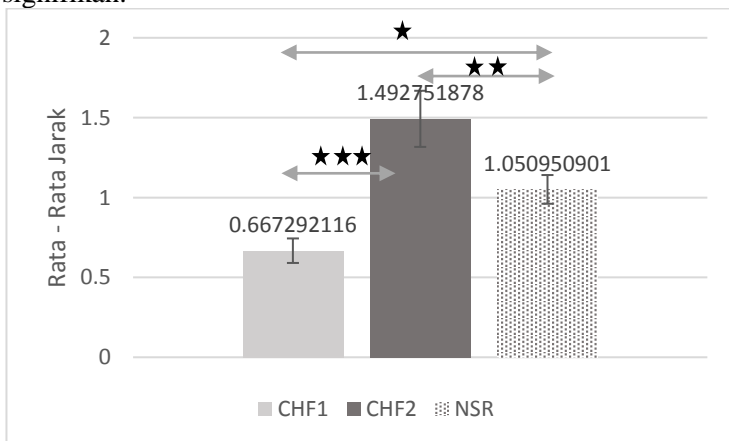
3 bintang = $p\text{-value} < 0.001$

Gambar 6.2 menjelaskan bahwa untuk jarak chf 1 dan nsr dan juga chf 2 dan nsr signifikan perbedaannya.



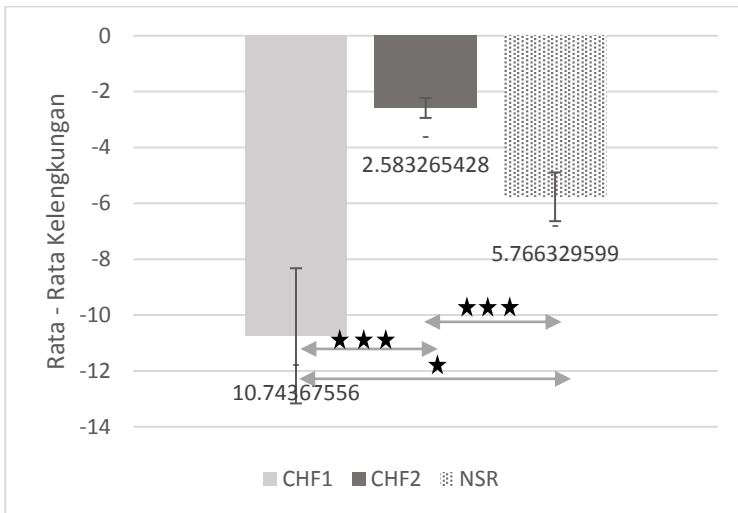
Gambar 6.3 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 1

Gambar 6.3 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDFA 1 dengan jumlah data 20 menit, q (-5,-3,-1,0,1,3,5), dan *scale* (10,20,40,100,250,500) menghasilkan output kelengkungan chf1 dengan rata – rata sebesar -11.99, dan chf2 dengan rata – rata -2.5. dan rata – rata nsr -5.89. Nilai kelengkungan antara chf2 dengan nsr signifikan sedangkan chf1 dengan nsr tidak signifikan.



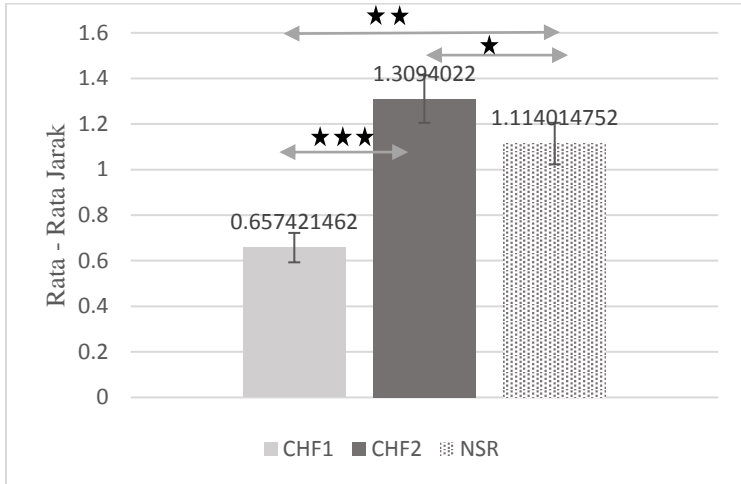
Gambar 6.4 Rata-Rata Jarak MFDFA 2

Gambar 6.4 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDDFA 2 dengan jumlah data 15 menit, $q(-9,-7,-5,-3,-1,0,1,3,5,7,9)$, dan $scale(10,20,30,40,50,70,90,110,130,150,180,210,240,270,300)$ menghasilkan output jarak chf1 dengan rata – rata sebesar 0.66, dan chf2 dengan rata – rata 1.49, dan rata – rata nsr 1.05. Nilai jarak antara chf1 dengan nsr dan chf2 dengan nsr, keduanya memiliki perbedaan yang signifikan.



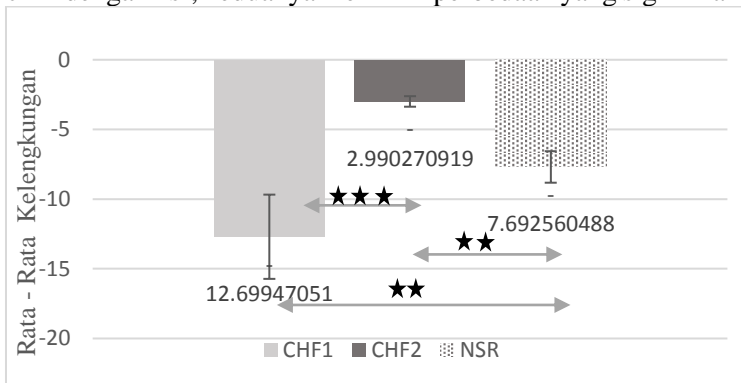
Gambar 6.5 Rata-Rata Kelengkungan MFDDFA 2

Gambar 6.5 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDDFA 2 dengan jumlah data 15 menit, $q(-9,-7,-5,-3,-1,0,1,3,5,7,9)$, dan $scale(10,20,30,40,50,70,90,110,130,150,180,210,240,270,300)$ menghasilkan output kelengkungan chf1 dengan rata – rata sebesar -10.74, dan chf2 dengan rata – rata -2.58, dan rata – rata nsr -5.76. Nilai kelengkungan antara chf1 dengan nsr dan chf2 dengan nsr, keduanya memiliki perbedaan yang signifikan.



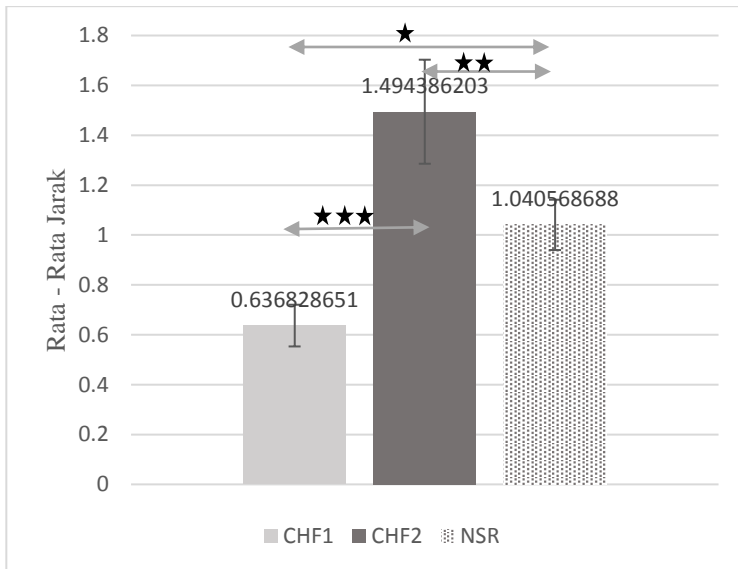
Gambar 6.6 Rata-Rata Jarak MFDFA 3

Gambar 6.6 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDFA 3 dengan jumlah data 20 menit, $q(-11, -9, -7, -5, -3, -1, 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11)$ dan $scale(10, 20, 30, 40, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 180, 210, 240, 270, 300)$ menghasilkan output jarak chf1 dengan rata – rata sebesar 0.65, dan chf2 dengan rata – rata 1.30, dan rata – rata nsr 1.11. Nilai jarak antara chf1 dengan nsr dan chf2 dengan nsr, keduanya memiliki perbedaan yang signifikan.



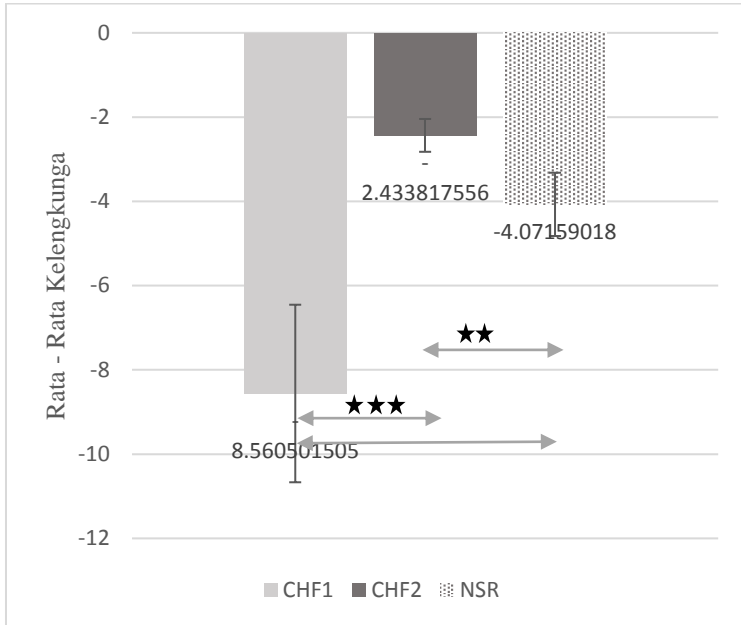
Gambar 6.7 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 3

Gambar 6.7 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDFA 3 dengan jumlah data 20 menit, $q(-11, -9, -7, -5, -3, -1, 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11)$ dan $scale(10, 20, 30, 40, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 180, 210, 240, 270, 300)$ menghasilkan output kelengkungan $chf1$ dengan rata – rata sebesar -12.69, dan $chf2$ dengan rata – rata -2.99, dan rata – rata nsr -7.69. Nilai kelengkungan antara $chf1$ dengan nsr dan $chf2$ dengan nsr , keduanya memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 6.8 Rata-Rata Jarak MFDFA 4

Gambar 6.8 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDFA 4 dengan jumlah data 15 menit, $q(-7, -5, -3, -1, 0, 1, 3, 5, 7)$, dan $scale(10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300)$ menghasilkan output jarak $chf1$ dengan rata – rata sebesar 0.63, dan $chf2$ dengan rata – rata 1.49, dan rata – rata nsr 1.04. Nilai jarak antara $chf1$ dengan nsr dan $chf2$ dengan nsr , keduanya memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 6.9 Rata-Rata Kelengkungan MFDFA 4

Gambar 6.9 menunjukkan bahwa pada percobaan MFDFA 4 dengan jumlah data 15 menit, $q(-7, -5, -3, -1, 0, 1, 3, 5, 7)$, dan $scale(10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300)$ menghasilkan output kelengkungan chf1 dengan rata – rata sebesar -8.56, dan chf2 dengan rata – rata -2.43, dan rata – rata nsr -4.07. Nilai kelengkungan antara chf 1 dan nsr tidak signifikan perbedaannya, sedangkan untuk chf 2 dan nsr masih terdapat perbedaan yang signifikan.

6.3 Hasil Klasifikasi ANN

Hasil klasifikasi dari tiap percobaan MFDFA dan model terbaik dari parameter ANN yang diuji beserta hasil akurasi nya ada pada tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil Klasifikasi output MFDA

Perco baan	Signifikan si	Hidden Layer	Mome ntum	Learning Rate	Akurasi Terbaik
1	0.0351, 0.0512, 0.0241, 0.0021	4	0.9	0.7	64.66%
2	0.0257, 0.0052, 0.0273, 0.0008	3	0.7	0.6	64.66%
3	0.0093, 0.0455, 0.0081, 0.0049	3	0.5	0.1	64.66%
4	0.0203, 0.0058, 0.0878, 0.0015	4	0.5	0.1	67.24%

Tabel 6.2 menunjukkan bahwa dari hasil klasifikasi dari ekstraksi fitur MDFA percobaan ke 1 menghasilkan akurasi terbaik sebesar 64.66% dengan parameter *hidden layer*, *momentum*, *learning rate* secara berurutan yaitu 4, 0.9, dan 0.7.

Hasil klasifikasi dari ekstraksi fitur MDFA percobaan ke 2 menghasilkan akurasi terbaik sebesar 64.66% dengan parameter *hidden layer*, *momentum*, *learning rate* secara berurutan yaitu 3, 0.7, dan 0.6.

Hasil klasifikasi dari ekstraksi fitur MDFA percobaan ke 3 menghasilkan akurasi terbaik sebesar 64.66% dengan parameter *hidden layer*, *momentum*, *learning rate* secara berurutan yaitu 3, 0.5, dan 0.1.

Hasil klasifikasi yang terbaik adalah hasil klasifikasi dari percobaan MFDDFA ke 4 dengan hasil akurasi sebesar 67.24% dengan parameter *hidden layer*, *momentum*, *learning rate* secara berurutan yaitu 4, 0.5, dan 0.1. Walaupun terdapat satu nilai yang tidak signifikan namun hasil klasifikasi dari percobaan ke 4 merupakan hasil klasifikasi terbaik.

Hasil akurasi terbaik pada percobaan klasifikasi ke 4 dengan parameter *hidden layer*, *momentum*, *learning rate* secara berurutan yaitu 4, 0.5, dan 0.1 yang didapatkan dengan menggunakan *k-fold cross validation* ini tidak begitu baik karena hasil klasifikasi yang didapatkan untuk label chf1 dan chf2 tidak dapat diklasifikasi dengan baik hanya beberapa saja yang benar dalam mengklasifikasikan chf1 dan chf2 sesuai label. Hasil prediksi dan status pada label dapat dilihat pada tabel 6.3.

Tabel 6.3 Hasil Klasifikasi ANN Prediksi dengan Status

No	Jarak	Kelengkungan	Prediksi Status	Status
1	1.246184	-1.046028	CHF2	CHF2
2	0.931218	-2.097525	CHF2	CHF2
3	1.794732	-1.552745	Normal	Normal
4	0.765834	-4.654079	Normal	Normal
5	1.489192	-1.659855	Normal	Normal
6	0.660242	-5.924189	Normal	Normal
7	0.862758	-4.12058	Normal	Normal
8	0.566681	-6.859679	Normal	CHF1
9	0.613274	-6.701221	Normal	CHF2
10	1.276226	-1.235057	Normal	CHF2
11	0.732563	-4.900996	Normal	Normal
12	1.52275	-1.906897	Normal	Normal

No	Jarak	Kelengkungan	Prediksi Status	Status
13	0.684186	-6.977233	Normal	Normal
14	1.643367	-1.498665	Normal	Normal
15	0.764236	-4.780772	Normal	Normal
16	1.415466	-1.821514	Normal	CHF1
17	1.006409	-2.13186	Normal	CHF2
18	0.738182	-3.620287	Normal	CHF2
19	0.893887	-3.973199	Normal	Normal
20	1.149278	-2.650493	Normal	Normal
21	0.585584	-6.306163	Normal	Normal
22	1.483224	-1.767626	Normal	Normal
23	0.471611	-6.08888	Normal	Normal
24	0.604195	-3.583765	Normal	CHF1
25	0.555652	-7.746098	Normal	CHF2
26	1.378272	-1.437856	Normal	CHF2
27	1.284945	-2.106591	Normal	Normal
28	0.668218	-5.113129	Normal	Normal
29	0.414273	-9.639621	Normal	Normal
30	1.625121	-1.303756	Normal	Normal
31	1.941495	-0.948055	Normal	Normal
32	0.778151	-2.974366	Normal	CHF1
33	1.330688	-2.055469	Normal	CHF2
34	1.550811	-0.785101	Normal	CHF2
35	1.603642	-1.024361	Normal	Normal
36	1.237883	-2.116684	Normal	Normal
37	0.39274	-14.35525	Normal	Normal
38	0.559632	-7.46062	Normal	Normal

No	Jarak	Kelengkungan	Prediksi Status	Status
39	0.381574	-16.817877	Normal	Normal
40	0.293773	-21.599336	CHF1	CHF1
41	3.0254	-0.516135	Normal	CHF2
42	6.507783	-0.203646	Normal	CHF2
43	6.875576	-0.181486	Normal	Normal
44	0.468281	-10.725988	Normal	Normal
45	1.640766	-1.273585	Normal	Normal
46	1.449921	-1.462061	Normal	Normal
47	1.150732	-2.83341	Normal	Normal
48	0.99975	-3.474311	Normal	CHF1
49	1.751715	-1.532041	Normal	CHF2
50	1.083928	-3.419936	Normal	CHF2
51	1.918781	-1.078607	Normal	Normal
52	1.497495	-1.504657	Normal	Normal
53	0.645719	-7.540522	Normal	Normal
54	0.520692	-8.029347	Normal	Normal
55	0.806147	-5.13548	Normal	Normal
56	0.750295	-3.804335	Normal	CHF1
57	0.60463	-7.956729	Normal	CHF2
58	1.400323	-1.742401	Normal	CHF2
59	0.897153	-4.106612	Normal	Normal
60	0.884472	-4.257881	Normal	Normal
61	0.472275	-10.278868	Normal	Normal
62	1.629218	-1.14081	Normal	Normal
63	0.816262	-3.962388	Normal	Normal
64	0.240237	-28.707474	CHF1	CHF1

No	Jarak	Kelengkungan	Prediksi Status	Status
65	2.0274	-0.884335	Normal	CHF2
66	2.634609	-0.56521	CHF2	CHF2
67	0.212508	32.618246	Normal	Normal
68	0.616647	-5.161407	Normal	Normal
69	1.482283	-1.865948	Normal	Normal
70	0.336398	-14.726381	Normal	Normal
71	0.580061	-7.301907	Normal	Normal
72	0.374511	-20.065128	CHF1	CHF1
73	0.46095	-4.776533	Normal	CHF2
74	1.682122	-1.12668	Normal	CHF2
75	1.402587	-1.581379	Normal	Normal
76	0.966715	-2.956122	Normal	Normal
77	0.331949	17.80683	Normal	Normal
78	0.041709		Normal	Normal
79	1.349851	-2.215108	Normal	Normal
80	0.572382	-4.232519	Normal	CHF1
81	1.208551	-2.764112	Normal	CHF2
82	1.468505	-1.270264	Normal	CHF2
83	0.541633	-8.01998	Normal	Normal
84	1.425418	-1.324804	Normal	Normal
85	1.181076	-1.951276	Normal	Normal
86	0.944597	-3.812399	Normal	Normal
87	1.644872	-1.177956	Normal	Normal
88	0.796425	-4.228141	Normal	CHF1
89	1.721937	-1.213422	Normal	CHF2
90	0.91255	-3.993113	Normal	CHF2

No	Jarak	Kelengkungan	Prediksi Status	Status
91	0.668457	-6.55034	Normal	Normal
92	0.767864	-4.755636	Normal	Normal
93	0.527517	-6.750965	Normal	Normal
94	1.650276	-1.679112	Normal	Normal
95	0.937762	-4.079187	Normal	CHF1
96	1.603723	-0.790113	Normal	CHF2
97	1.438442	-1.453581	Normal	CHF2
98	2.186507	-0.802163	Normal	Normal
99	0.396541	-12.794475	Normal	Normal
100	1.314998	-1.04687	Normal	Normal
101	0.573498	-7.343483	Normal	Normal
102	0.461585	-6.946595	Normal	CHF1
103	0.990706	-2.250098	Normal	CHF2
104	1.352366	-1.147509	Normal	CHF2
105	1.170646	-2.94064	Normal	Normal
106	0.536666	-8.612868	Normal	Normal
107	0.623312	-7.138224	Normal	Normal
108	0.59065	-7.43907	Normal	Normal
109	0.563729	-5.684763	Normal	CHF1
110	0.834644	-4.118351	Normal	CHF2
111	0.546972	-7.343436	Normal	Normal
112	0.644821	-6.412769	Normal	Normal
113	0.378197	-11.906272	Normal	Normal
114	0.577316	-8.844025	Normal	Normal
115	1.42194	-1.892948	Normal	Normal
116	0.197489	-10.346411	Normal	CHF1

6.4 Hasil Uji Validasi

Hasil uji klasifikasi yang telah dilakukan dari hasil percobaan MFDFA 1 hingga 4 dilanjutkan dengan validasi. Validasi dilakukan terhadap model ANN dengan parameter terbaik. Validasi dilakukan menggunakan *Confusion Matrix* dan ROC dari masing masing uji klasifikasi. Tabel 6.4 menjelaskan hasil dari uji validasi ANN dan komparasi tiap tiap klasifikasi.

Tabel 6.4 Hasil Uji Validasi

No	Input	Precision	Recall	Accuracy	ROC
1	MFDFA 1	0.645	0.647	64.66%	0.547
2	MFDFA 2	0.559	0.647	64.66%	0.561
3	MFDFA 3	0.588	0.647	64.66%	0.571
4	MFDFA 4	0.786	0.672	67.24%	0.694

Tabel 6.4 menjelaskan hasil uji validasi *Confusion Matrix* dan ROC menunjukkan bahwa pada klasifikasi pertama dengan input hasil percobaan MFDFA 1, menghasilkan nilai *precision* sebesar 0.645, nilai *recall* sebesar 0.647, dan akurasi sebesar 64.66% sedangkan nilai ROC yang dihasilkan adalah 0.547.

Klasifikasi kedua dengan input hasil percobaan MFDFA 2, menghasilkan nilai *precision* sebesar 0.559, nilai *recall* sebesar 0.647, dan akurasi sebesar 64.66% sedangkan nilai ROC yang dihasilkan adalah 0.561.

Klasifikasi ketiga dengan input hasil percobaan MFDFA 3, menghasilkan nilai *precision* sebesar 0.588, nilai *recall* sebesar 0.647, dan akurasi sebesar 64.66% sedangkan nilai ROC yang dihasilkan adalah 0.571.

Klasifikasi keempat dengan input hasil percobaan MFDFA 4, menghasilkan nilai *precision* sebesar 0.786, nilai *recall* sebesar 0.672, dan akurasi sebesar 67.24% sedangkan nilai ROC yang dihasilkan adalah 0.692.

Hasil nilai *Precision*, *Recall* dan Akurasi menunjukkan keakuratan hasil prediksi dari klasifikasi. Apabila nilai *Precision* dan *Recall* semakin mendekati 1 maka klasifikasi akan semakin akurat sedangkan apabila semakin mendekati 0 maka akan semakin tidak akurat begitu juga dengan akurasi semakin mendekati 100% maka akan semakin akurat sedangkan semakin mendekati 0% maka klasifikasi semakin tidak akurat. Untuk nilai ROC dapat menunjukkan bahwa klasifikasi tersebut dapat dikatakan sudah baik atau buruk. Nilai ROC dapat dibagi menjadi beberapa kelompok dengan range nilai ROC sebagai berikut [23] ,

- a. 0.90 - 1.00 = klasifikasi sangat baik
- b. 0.80 - 0.90 = klasifikasi baik
- c. 0.70 - 0.80 = klasifikasi cukup
- d. 0.60 - 0.70 = klasifikasi buruk
- e. 0.50 - 0.60 = klasifikasi salah

Dari hasil uji validitas dapat dikatakan bahwa klasifikasi dengan input MFDDFA 4 dengan parameter *hidden layer*, *momentum*, *learning rate* secara berurutan yaitu 4, 0.5, dan 0.1 merupakan klasifikasi terbaik karena memiliki nilai *Precision*, *Recall*, dan Akurasi yang paling besar. Walaupun terbaik namun nilai ROC yang dihasilkan yaitu 0.694 yang dapat dikategorikan sebagai klasifikasi yang buruk.

Dari hasil klasifikasi yang didapatkan dapat dikatakan bahwa hasil ekstraksi fitur *Multifractal Detrended Fluctuation Analysis* tidak begitu baik untuk digunakan dalam input ANN. Hal ini karena data biomedis memiliki struktur dan kompleksitas yang tinggi. Selain itu data yang diujikan juga terlalu sedikit, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat digunakan tambahan ekstraksi fitur lain untuk digunakan sebagai input ANN sehingga hasil akurasi bisa menjadi lebih baik.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan yang lebih baik

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Metode Multifractal Detrended Fluctuation Analysis dapat diterapkan untuk mengekstraksi fitur pada sinyal HRV pada pasien gagal jantung kongestif.
2. Hasil signifikansi yang terbaik dari output jarak dan kelengkungan pada chf 1 dan nsr menghasilkan *p-value* pada jarak dan kelengkungan sebesar 0.0093 dan 0.0081. Hasil signifikansi yang terbaik dari output jarak dan kelengkungan pada chf 2 dan nsr menghasilkan nilai *p-value* pada jarak dan kelengkungan sebesar 0.0052 dan 0.0008.
3. Hasil klasifikasi dari MFDFA menghasilkan akurasi terbaik sebesar 67.24%. Hasil klasifikasi tersebut didapatkan dengan parameter ANN *hidden layer*, *momentum*, dan *learning rate* secara berurutan yaitu 4 , 0.5, 0.1. akan tetapi hasil akurasi tersebut masih kurang baik karena dalam hasilnya untuk label chf1 dan chf2 hasil klasifikasi hanya beberapa kecil data saja yang benar dan hasil ROC nya bernilai 0.694 yang dapat dikategorikan sebagai klasifikasi yang buruk.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pada tugas akhir ini, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini masih belum terdapat perhitungan ekstraksi fitur dan klasifikasi melalui pembuatan aplikasi sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilanjutkan dengan pembuatan aplikasi.
2. Dapat digunakan metode tambahan klasifikasi lain yaitu *Support Vector Machine*, *Naïve Bayes*, atau *C4.5* dalam melakukan klasifikasi untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik.
3. Dapat digunakan ekstraksi fitur metode lain seperti *linear* dan *non linear analysis* sebagai input ANN dalam melakukan klasifikasi dan menghasilkan akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Selzer, Understanding Heart Disease, 1992.
- [2] SERVICES, U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN, Your Guide To Living Well With Heart Disease, 2005.
- [3] A. H. Association, "What is Cardiovascular Disease?," American Heart Association, [Online]. Available: http://www.heart.org/HEARTORG/Caregiver/Resources/WhatIsCardiovascularDisease/What-is-Cardiovascular-Disease_UCM_301852_Article.jsp#.WK0e8VV97IU. [Diakses 22 Februari 2017].
- [4] WHO, "Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control," 2011.
- [5] WHO, "Cardiovascular diseases (CVDs)," [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>. [Diakses 2016].
- [6] Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, "Situasi Kesehatan Jantung," 2014.
- [7] P. Gifania, H. Rabieea, M. Hashemi, P. Taslimia dan M. Ghanbari, "Optimal fractal-scaling analysis of human EEG dynamic for depth of anesthesia quantification," *Elsevier*, 2007.
- [8] M. L. Jong, I. K. Sun, J. K. Dae, Y. K. In dan S. P. Kwang, "Detrended fluctuation analysis of EEG in sleep apnea using MIT/BIH polysomnography data," *Computers in Biology and Medicine*, 2002.
- [9] Ihlen dan E. A. F, "Introduction to multifractal detrended fluctuation analysis," 2012.
- [10] Health, National Institute of, "What Is Angina?," Juni 2011. [Online].
- [11] "About Arrhythmia," American Heart Association (AHA), 2016. [Online]. Available: http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Arrhythmia/AboutArrhythmia/About-Arrhythmia_UCM_002010_Article.jsp#.WLEdPVV97IU. [Diakses 25 2 2017].

- [12] U. Markowska-Kaczmar dan B. Kordas, "Mining of an electrocardiogram," *Annales UMCS Informatica AI* 4, no. Annales UMCS, 2006.
- [13] S. T. Malcolm, *The Only EKG Book You'll Ever Need* 5th Edition, 2007.
- [14] D. Houcque, *Introduction to Matlab For Engineering Students*, Northwestern University, 2005.
- [15] C. S. Office, "What is a Classification?," 2003. [Online]. Available: <http://www.cso.ie/en/methods/classifications/whatisaclassification/>.
- [16] D. Kriesel, *A Brief Description of Neural Network*, 2005.
- [17] F. J. Feder, Plenum Press, New York, 1988.
- [18] Y. Ashkenazy, D. Baker, H. Gildor dan S. Halvin, "Nonlinearity and multifractality of climate change in the past 420.000 years," *Geophys. Res. Lett.* 30, 2003, pp. 2146 - 2149.
- [19] L. Telesca dan L. Toth, "Multifractal detrended fluctuation analysis of Pannonian," *Physica A*, 2016.
- [20] R. Shier, "Statistics: 2.2 The Wilcoxon signed rank sum test," *Mathematics Learning Support Center*, 2004.
- [21] M. Nurul Wandasari Singgih, "Uji 2 Sampel Berpasangan Bag 2b".
- [22] Prabowo, "Aneka Teknik, Piranti dan Penerapan Data Mining: Studi Kasus Peramalan Harga Saham Industri Telekomunikasi Berbasis Jaringan Saraf Tiruan," dalam *Modul Perkuliahan Universitas Budi Luhur*, 2012.
- [23] G. Florin, *Data Mining: Concept, Models and Techniques*, 2011.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Dhimas Yoga Ananta, lahir di Gresik, 14 Juli 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Adi Sutopo dan Nurul Masifadah. Riwayat pendidikan penulis yaitu TK Dharma Wanita, SD Negeri Pongangan II, SMP Negeri 2 Gresik, dan SMA Negeri 1 Manyar. dan akhirnya penulis masuk menjadi mahasiswa Sistem Informasi angkatan 2013 melalui jalur SBMPTN

pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis pernah mengikuti bergabung dalam English Club dan pernah mengikuti lomba debat di Universitas Muhammadiyah Gresik selama menempuh SMA. Selama menempuh perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia kegiatan baik tingkat jurusan maupun fakultas dengan menjadi Staff Departemen Hubungan Luar tahun 2014 dan menjadi Kepala Divisi Kemitraan Departemen Hubungan Luar tahun 2015 di Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi, Menjadi Panitia Keamanan dan Perizinan Information System Expo (ISE 2015),LKMM Tingkat Pra Dasar VII, Panitia Visit Fair, dan menjadi Structure Committee Ini Lho ITS 2015. Di Jurusan Sistem Informasi penulis mengambil bidang minat Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis. Penulis dapat dihubungi melalui email yoga.dhimas26@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A : Hasil Output MFDFA Percobaan 1

Jarak	Kelengkungan	Type Data
0.599424279	-5.51226921	CHF 1
0.828583802	-3.364212487	CHF 1
0.831134355	-2.019825064	CHF 1
0.61055309	-5.064363533	CHF 1
0.728475118	-3.170756325	CHF 1
0.496905311	-8.791775825	CHF 1
0.697913905	-3.624063165	CHF 1
0.570950769	-5.243122223	CHF 1
0.493009155	-4.572070513	CHF 1
0.111574005	-38.12370207	CHF 1
0.462696567	-7.58316601	CHF 1
0.107593727	-69.19232682	CHF 1
0.498965185	-5.584541016	CHF 1
0.238991695	-16.17740418	CHF 1
1.150398931	-1.94069976	CHF 1
0.641452535	-5.097492647	CHF 2
0.952716128	-2.861910753	CHF 2
1.716746565	-0.756475791	CHF 2
1.260163646	-1.503124852	CHF 2
1.40219468	-0.885914557	CHF 2
0.518116558	-3.973357081	CHF 2
2.022807165	-0.886267284	CHF 2
0.960080545	-1.585439982	CHF 2
1.142346257	-0.85364039	CHF 2
1.017138324	-2.166407126	CHF 2
1.000011345	-3.975521807	CHF 2

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.721809311	-3.590479418	CHF 2
1.270659075	-2.266421707	CHF 2
1.576487351	-0.725388758	CHF 2
1.140722474	-1.133156022	CHF 2
0.823387331	-3.886446325	CHF 2
1.588373602	-1.058463989	CHF 2
1.811653513	-0.964900665	CHF 2
0.613289215	-5.488977457	CHF 2
1.469586628	-0.776834721	CHF 2
1.243102403	-1.830274125	CHF 2
1.862997923	-0.794766451	CHF 2
2.336302398	-0.66368912	CHF 2
1.103344815	-1.571438225	CHF 2
1.787937847	-0.678437487	CHF 2
0.13289399	NaN	CHF 2
0.743285896	-4.120198332	CHF 2
1.754551449	-0.756952053	CHF 2
0.256398138	-15.18907613	CHF 2
0.639091893	-4.825653914	NSR
0.18034986	-33.91945535	NSR
1.189641153	-1.638963179	NSR
0.265696669	-15.39951005	NSR
0.469298159	-6.233320984	NSR
0.1486952	-39.00614696	NSR
1.130305523	-1.450050697	NSR
0.758438293	-4.187149896	NSR
0.689676819	-4.071592968	NSR
0.534445121	-6.155403147	NSR
0.223195872	-17.01410065	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.41726663	-8.084681972	NSR
0.378586404	-10.95479608	NSR
0.373569867	-9.145415863	NSR
1.40017043	-1.149769925	NSR
1.779876141	-0.951201633	NSR
0.230900458	-22.28733097	NSR
1.28614084	-1.867411057	NSR
0.928310406	-2.842528948	NSR
0.35703368	-11.46707677	NSR
0.503328972	-6.159785592	NSR
0.251727759	-15.51077406	NSR
0.507968764	-6.242474072	NSR
0.803820066	-3.195576905	NSR
0.24234808	14.92174985	NSR
0.336618316	-11.49956079	NSR
1.589844696	-1.293931687	NSR
1.304134248	-1.730263539	NSR
2.260919069	-0.522708322	NSR
0.949866313	-3.626996268	NSR
1.164199322	-1.553875851	NSR
5.837231749	-0.206049248	NSR
1.234443123	-1.735916533	NSR
1.873904281	-1.014527057	NSR
1.361380864	-1.239109187	NSR
1.484658325	-1.012918955	NSR
0.608873649	-5.519055004	NSR
1.306362705	-1.236843033	NSR
1.744236759	-0.859356406	NSR
1.457384988	-1.628141055	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.929095299	-2.577238435	NSR
1.281634565	-1.598969429	NSR
6.598635335	-0.192166863	NSR
0.355330686	-7.598497588	NSR
1.141808198	-1.475366847	NSR
1.113095423	-2.196723618	NSR
1.126252374	-1.593500741	NSR
1.424855682	-1.423491114	NSR
1.048446588	-2.544283185	NSR
1.298887491	-2.07727106	NSR
0.996440643	-2.905878898	NSR
0.211926194	-20.33551839	NSR
0.511278487	-6.939931247	NSR
1.177201761	-1.951360838	NSR
1.46814865	-1.641032762	NSR
1.400418966	-1.194225249	NSR
0.112920513	-19.84611093	NSR
0.374749262	-10.63765478	NSR
0.557806702	-6.40873639	NSR
0.833363248	-3.726214725	NSR
0.441232367	-8.863405978	NSR
0.271752209	-13.89641204	NSR
0.475473791	-6.932971307	NSR
0.60453307	-3.870466865	NSR
0.218282471	-19.11899779	NSR
1.452639812	-1.312944055	NSR
0.681453372	-4.694107422	NSR
1.695092185	-1.14685848	NSR
1.18993156	-2.283437762	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.443916728	-7.040399494	NSR
1.396446178	-1.655866524	NSR
1.446529616	-1.351718179	NSR

A- 6 -

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B : Hasil Output MFDFA Percobaan 2

Jarak	Kelengkungan	Type Data
0.898337531	-4.722159016	CHF 1
0.875851075	-4.576145187	CHF 1
0.87273209	-3.611443744	CHF 1
0.547834128	-10.39446812	CHF 1
0.837062834	-4.181843764	CHF 1
0.342887239	-26.09223825	CHF 1
0.635696986	-4.52426137	CHF 1
0.801805853	-5.240745382	CHF 1
0.672065546	-5.748887131	CHF 1
0.336749377	-23.84582853	CHF 1
0.490255091	-11.70781343	CHF 1
0.29975636	-31.61301899	CHF 1
0.587981273	-6.565435613	CHF 1
0.388109134	-16.27801492	CHF 1
1.422257223	-2.052829939	CHF 1
0.834966886	-4.96961528	CHF 2
1.108605709	-2.972416131	CHF 2
1.702425276	-0.998278931	CHF 2
1.398429767	-2.396754801	CHF 2
1.318590295	-1.590071631	CHF 2
0.528260934	-4.782078217	CHF 2
2.134975592	-0.876777578	CHF 2
0.992598459	-2.36664976	CHF 2
1.316278835	-1.11579299	CHF 2
1.085894318	-3.69228723	CHF 2
1.458061117	-2.027184452	CHF 2

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.683381023	-4.43587912	CHF 2
1.22900134	-2.797473888	CHF 2
1.730310163	-0.745950979	CHF 2
1.076370144	-2.635560951	CHF 2
0.892359687	-4.490626906	CHF 2
1.698395795	-1.319479203	CHF 2
1.74355008	-1.289642947	CHF 2
0.657599601	-7.661377801	CHF 2
1.537559862	-1.401671486	CHF 2
1.401229413	-1.905417489	CHF 2
2.768593625	-0.586162612	CHF 2
2.864412437	-0.609998541	CHF 2
1.394708624	-1.631481701	CHF 2
1.306330831	-1.491516279	CHF 2
5.45629698	-0.270206338	CHF 2
0.792090409	-5.430971137	CHF 2
1.528557592	-1.696366479	CHF 2
0.649969653	-6.727006567	CHF 2
0.75717457	-5.520393848	NSR
0.366566772	-11.9616265	NSR
1.332600475	-2.132465746	NSR
0.515029562	-13.0487867	NSR
0.682881293	-5.606264102	NSR
0.333790324	25.61916816	NSR
1.51157822	-1.413521581	NSR
0.730747751	-5.967794824	NSR
0.77693346	-4.885089194	NSR
0.668772745	-6.737442128	NSR
0.294393281	-22.93147239	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.557023698	-9.305474881	NSR
0.374097856	-18.86143861	NSR
0.838939442	-4.825332748	NSR
1.587716214	-1.528001323	NSR
2.116910498	-1.08539454	NSR
0.300319286	-34.18199469	NSR
0.668528804	-7.96110307	NSR
0.875886776	-4.185584075	NSR
0.633793726	-8.372353941	NSR
0.739334682	-5.654096464	NSR
0.356353535	-18.52604781	NSR
0.791984327	-5.374775787	NSR
0.838115291	-4.133750659	NSR
0.276582891	-13.09290289	NSR
0.566198832	-9.532686956	NSR
1.574354891	-2.12374304	NSR
1.49836207	-1.845902189	NSR
1.467644159	-1.288609098	NSR
1.417802703	-2.166929933	NSR
1.128515199	-3.049024904	NSR
0.037437468	NaN	NSR
1.160918427	-2.553162067	NSR
1.78969812	-1.468813264	NSR
1.532724225	-1.948468992	NSR
1.618130112	-1.562737056	NSR
0.973864307	-3.973602122	NSR
1.699903484	-1.409824542	NSR
1.875405502	-0.994853141	NSR
0.744621715	-6.132172391	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
1.022664828	-4.362386244	NSR
0.681044476	-6.980274855	NSR
5.839426043	-0.229401093	NSR
0.43102448	-9.915574011	NSR
1.479339969	-1.682843936	NSR
0.940286982	-4.215017386	NSR
1.225250668	-2.315116785	NSR
1.587436598	-1.568351122	NSR
1.045555883	-3.517260293	NSR
1.471619086	-2.119258278	NSR
1.179755914	-3.003287064	NSR
0.813270701	-5.127369908	NSR
0.547720275	-10.22575978	NSR
0.570869874	-8.476210289	NSR
1.546881521	-1.732341998	NSR
1.43123426	-1.666245404	NSR
0.55236296	-8.540596255	NSR
0.578422525	-9.911474702	NSR
0.683149686	-7.83726002	NSR
0.82491892	-4.778675932	NSR
0.281961101	-30.41719797	NSR
0.451763253	-12.00166849	NSR
1.022222554	-3.703111444	NSR
0.976136069	-3.598445128	NSR
0.657245113	-6.724805397	NSR
1.684010774	-1.075157081	NSR
0.608684723	-9.110221485	NSR
2.345482644	-0.762448667	NSR
1.324453187	-2.429665996	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.693234525	-6.001321574	NSR
1.549415841	-2.153847548	NSR
1.60998271	-1.502335341	NSR

B- 6 -

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C : Hasil Output MFDFA Percobaan 3

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.80228028	-5.922936369	CHF 1
0.872159113	-4.694973672	CHF 1
0.867102933	-4.302686939	CHF 1
0.711851834	-6.86232316	CHF 1
0.945184467	-3.834570548	CHF 1
0.349048157	-30.13841746	CHF 1
0.798205744	-5.987472254	CHF 1
0.719066078	-7.787716293	CHF 1
0.584535595	-8.393246491	CHF 1
0.28822772	-33.83641982	CHF 1
0.552547639	-9.924752493	CHF 1
0.275158104	-38.31584809	CHF 1
0.606848245	-9.499273183	CHF 1
0.395214691	-17.64090963	CHF 1
1.093891328	-3.350511291	CHF 1
0.855239787	-5.36148754	CHF 2
0.962654445	-4.198764429	CHF 2
1.724417861	-1.203255978	CHF 2
1.379994254	-2.156217495	CHF 2
1.412874738	-1.410221098	CHF 2
0.609513461	-5.685182975	CHF 2
2.142203919	-0.970279382	CHF 2
0.990892273	-2.396858509	CHF 2
1.308223904	-1.732693844	CHF 2
1.072168078	-4.046934659	CHF 2
0.96704606	-5.080289093	CHF 2
0.826806565	-4.379747576	CHF 2

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
1.175959423	-3.171443329	CHF 2
1.878747769	-0.906548878	CHF 2
1.172234378	-2.872644937	CHF 2
0.793205494	-6.03923728	CHF 2
1.785011478	-1.377317511	CHF 2
1.967531785	-1.256735955	CHF 2
0.744384318	-6.406021213	CHF 2
1.62425578	-1.219748401	CHF 2
1.25532682	-2.308836177	CHF 2
2.13272062	-0.936313206	CHF 2
2.538157971	-0.780717918	CHF 2
1.155217806	-2.976924789	CHF 2
1.843210361	-0.999922238	CHF 2
0.184524859	NaN	CHF 2
0.796861897	-5.360244766	CHF 2
1.997340242	-0.968104712	CHF 2
0.675937461	-7.52489185	CHF 2
0.763976245	-5.586726658	NSR
0.242868046	-34.81378689	NSR
1.200944844	-2.383205121	NSR
0.297738935	-27.87140678	NSR
0.62503785	-7.286337632	NSR
0.39440229	-19.68454496	NSR
1.144109659	-2.580566596	NSR
0.867834779	-5.006347224	NSR
0.920675887	-4.500427418	NSR
0.720613213	-6.384034288	NSR
0.310052038	-25.09777741	NSR
0.607816291	-8.825218624	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.445353678	-15.34962504	NSR
0.708980332	-6.85755561	NSR
1.57523884	-1.767775864	NSR
1.891466471	-1.261726322	NSR
0.330260009	-30.36068276	NSR
1.217112373	-2.724740115	NSR
1.046738225	-3.275588993	NSR
0.697043891	-8.152071787	NSR
0.547737198	-9.864324207	NSR
0.562341242	-9.665439176	NSR
0.790574602	-5.484509192	NSR
0.814004866	-5.208786524	NSR
0.371375775	-20.39027568	NSR
1.003902602	-3.906237294	NSR
1.625843841	-1.534642627	NSR
1.438160711	-2.217850404	NSR
2.355163401	-0.691697228	NSR
1.022059984	-4.972657442	NSR
1.185595976	-2.919342811	NSR
4.377783129	-0.326605806	NSR
1.442321561	-2.103532682	NSR
1.918511575	-1.2680551	NSR
1.506529554	-1.797497678	NSR
1.715017036	-1.39476818	NSR
0.79416157	-5.953943034	NSR
1.405036955	-1.816477288	NSR
1.917237384	-1.119018035	NSR
1.520356121	-2.196012387	NSR
0.980853213	-4.974890552	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
1.396986615	-2.118405859	NSR
4.887462681	-0.315682357	NSR
0.558577879	-8.429328727	NSR
1.454388298	-1.662770433	NSR
1.228299861	-2.65677459	NSR
1.322674893	-2.207935275	NSR
1.40695552	-2.116261275	NSR
1.16402519	-3.162640514	NSR
1.370161366	-2.42028608	NSR
1.010925497	-3.907327158	NSR
0.419310828	-17.86286022	NSR
0.596263995	-9.33034309	NSR
1.185474724	-2.666375939	NSR
1.360602105	-2.4445489	NSR
1.416684015	-1.811031037	NSR
0.290336289	-33.70135825	NSR
0.487470309	-13.6385275	NSR
0.753333673	-6.787610809	NSR
0.864722228	-4.948420554	NSR
0.239839794	-51.87219027	NSR
0.369369291	-19.99133531	NSR
0.637779008	-8.295639029	NSR
0.855610371	-4.206390759	NSR
0.4653265	-13.2484644	NSR
1.645259503	-1.544508991	NSR
0.728478218	-6.935898903	NSR
1.740041739	-1.526082378	NSR
1.295756373	-2.726606549	NSR
0.687957237	-7.6696943	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
1.45166905	-2.419474366	NSR
1.614486908	-1.662871904	NSR

C- 6 -

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN D : Hasil Output MFDFA Percobaan 4

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.937762149	-4.079187253	CHF 1
0.99974995	-3.474310595	CHF 1
0.778151327	-2.974365547	CHF 1
0.461584896	-6.94659511	CHF 1
0.750295427	-3.804334711	CHF 1
0.37451091	-20.06512788	CHF 1
0.604194536	-3.583764537	CHF 1
0.796424875	-4.228140931	CHF 1
0.563728701	-5.684763217	CHF 1
0.293772652	-21.59933617	CHF 1
0.566680972	-6.859678553	CHF 1
0.197488863	-10.34641112	CHF 1
0.572381645	-4.232518998	CHF 1
0.240236643	-28.70747377	CHF 1
1.415466217	-1.821514172	CHF 1
0.613274172	-6.701220583	CHF 2
1.006409034	-2.131860236	CHF 2
1.603723054	-0.790113189	CHF 2
1.330687871	-2.055469475	CHF 2
1.352366285	-1.147508705	CHF 2
0.460949907	-4.776533131	CHF 2
2.02739989	-0.884335382	CHF 2
0.931218037	-2.097524968	CHF 2
1.246183679	-1.046028322	CHF 2
1.083927619	-3.419936067	CHF 2
1.75171538	-1.532041336	CHF 2
0.738182389	-3.620286593	CHF 2

D- 2 -

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
1.208551366	-2.764112178	CHF 2
1.550811165	-0.785100975	CHF 2
0.990705986	-2.250098019	CHF 2
0.912549597	-3.99311277	CHF 2
1.72193673	-1.213422084	CHF 2
1.682122207	-1.12667968	CHF 2
0.604630155	-7.956728634	CHF 2
1.438441959	-1.453580924	CHF 2
1.400323004	-1.742400595	CHF 2
2.634608752	-0.565209796	CHF 2
3.025399542	-0.516135041	CHF 2
1.378272301	-1.437855591	CHF 2
1.276226448	-1.23505694	CHF 2
6.507782663	-0.203645757	CHF 2
0.834643699	-4.118350916	CHF 2
1.468504706	-1.270263565	CHF 2
0.555652275	-7.746097659	CHF 2
0.660242452	-5.924188801	NSR
0.414273441	-9.639621437	NSR
1.284945494	-2.106590962	NSR
0.668457078	-6.550339703	NSR
0.61664705	-5.161406927	NSR
0.331949401	17.80682967	NSR
1.425417622	-1.324804104	NSR
0.55963232	-7.460620326	NSR
0.668217884	-5.1131286	NSR
0.644820732	-6.412768946	NSR
0.336398394	-14.72638095	NSR
0.580061308	-7.301907162	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.472275376	-10.27886767	NSR
0.767864156	-4.755635565	NSR
1.402587386	-1.581379153	NSR
1.918780829	-1.078607245	NSR
0.381573702	-16.81787689	NSR
0.806147445	-5.13548024	NSR
0.816262358	-3.962387765	NSR
0.645718583	-7.540522313	NSR
0.732563222	-4.900995743	NSR
0.520691517	-8.029346929	NSR
0.590649856	-7.439069531	NSR
0.966715339	-2.956121781	NSR
0.212508144	32.61824556	NSR
0.39654059	-12.7944754	NSR
1.794732432	-1.552744962	NSR
1.489192322	-1.65985506	NSR
1.314998079	-1.046869958	NSR
1.483223552	-1.767625863	NSR
1.149278174	-2.650493329	NSR
0.041709103	NaN	NSR
1.237882626	-2.116684105	NSR
1.643367256	-1.498665366	NSR
1.65027579	-1.679111837	NSR
1.629218484	-1.140809736	NSR
0.884472216	-4.257880508	NSR
1.644872202	-1.177955646	NSR
1.941495029	-0.948055395	NSR
0.536666499	-8.612867719	NSR
0.897153414	-4.106611611	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
0.623312053	-7.13822396	NSR
6.875576252	-0.181486462	NSR
0.471611427	-6.088879911	NSR
1.625120749	-1.303755877	NSR
1.170646298	-2.940640201	NSR
1.181076377	-1.951276099	NSR
1.497495416	-1.504656676	NSR
0.944597433	-3.812399199	NSR
1.349850697	-2.215107616	NSR
1.150732087	-2.833409771	NSR
0.7642364	-4.780772102	NSR
0.468281445	-10.72598787	NSR
0.546971576	-7.343435727	NSR
1.48228312	-1.865947579	NSR
1.449920992	-1.462061016	NSR
0.585583961	-6.306162693	NSR
0.392739557	-14.35525036	NSR
0.684185941	-6.977233162	NSR
0.862757985	-4.120580207	NSR
0.541633389	-8.019980361	NSR
0.378197302	-11.90627241	NSR
0.893886774	-3.97319858	NSR
0.765833807	-4.654078732	NSR
0.573498472	-7.343483204	NSR
1.603642012	-1.024361126	NSR
0.577315554	-8.844024831	NSR
2.186506761	-0.8021627	NSR
1.421940047	-1.892948001	NSR
0.527516902	-6.750964737	NSR

Jarak	Kelengkungan	Tipe Data
1.522749923	-1.906896658	NSR
1.640765933	-1.27358497	NSR

D- 6 -

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN E : Hasil Klasifikasi MFDDFA Percobaan 1

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
2	3000	0.5	0.1	57.76%
2	3000	0.5	0.2	61.21%
2	3000	0.5	0.3	62.07%
2	3000	0.5	0.4	62.93%
2	3000	0.5	0.5	62.07%
2	3000	0.5	0.6	62.93%
2	3000	0.5	0.7	62.93%
2	3000	0.5	0.8	63.79%
2	3000	0.5	0.9	63.79%
2	3000	0.6	0.1	59.48%
2	3000	0.6	0.2	62.07%
2	3000	0.6	0.3	62.93%
2	3000	0.6	0.4	62.07%
2	3000	0.6	0.5	62.93%
2	3000	0.6	0.6	62.93%
2	3000	0.6	0.7	62.07%
2	3000	0.6	0.8	63.79%
2	3000	0.6	0.9	63.79%
2	3000	0.7	0.1	60.34%
2	3000	0.7	0.2	62.93%
2	3000	0.7	0.3	62.07%
2	3000	0.7	0.4	62.93%
2	3000	0.7	0.5	62.07%

E- 2 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
2	3000	0.7	0.6	62.07%
2	3000	0.7	0.7	62.07%
2	3000	0.7	0.8	62.93%
2	3000	0.7	0.9	62.93%
2	3000	0.8	0.1	62.07%
2	3000	0.8	0.2	62.07%
2	3000	0.8	0.3	62.07%
2	3000	0.8	0.4	61.21%
2	3000	0.8	0.5	62.07%
2	3000	0.8	0.6	62.07%
2	3000	0.8	0.7	63.79%
2	3000	0.8	0.8	62.93%
2	3000	0.8	0.9	63.79%
2	3000	0.9	0.1	62.93%
2	3000	0.9	0.2	61.21%
2	3000	0.9	0.3	62.07%
2	3000	0.9	0.4	62.07%
2	3000	0.9	0.5	62.07%
2	3000	0.9	0.6	62.07%
2	3000	0.9	0.7	60.34%
2	3000	0.9	0.8	60.34%
2	3000	0.9	0.9	56.90%
3	3000	0.5	0.1	58.62%
3	3000	0.5	0.2	61.21%
3	3000	0.5	0.3	61.21%
3	3000	0.5	0.4	62.93%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
3	3000	0.5	0.5	62.07%
3	3000	0.5	0.6	62.07%
3	3000	0.5	0.7	61.21%
3	3000	0.5	0.8	62.93%
3	3000	0.5	0.9	62.93%
3	3000	0.6	0.1	58.62%
3	3000	0.6	0.2	60.34%
3	3000	0.6	0.3	62.93%
3	3000	0.6	0.4	62.07%
3	3000	0.6	0.5	62.07%
3	3000	0.6	0.6	61.21%
3	3000	0.6	0.7	61.21%
3	3000	0.6	0.8	62.93%
3	3000	0.6	0.9	62.93%
3	3000	0.7	0.1	59.48%
3	3000	0.7	0.2	61.21%
3	3000	0.7	0.3	62.93%
3	3000	0.7	0.4	62.07%
3	3000	0.7	0.5	61.21%
3	3000	0.7	0.6	61.21%
3	3000	0.7	0.7	60.34%
3	3000	0.7	0.8	61.21%
3	3000	0.7	0.9	61.21%
3	3000	0.8	0.1	59.48%
3	3000	0.8	0.2	62.93%
3	3000	0.8	0.3	62.93%

E- 4 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.8	0.4	61.21%
3	3000	0.8	0.5	60.34%
3	3000	0.8	0.6	61.21%
3	3000	0.8	0.7	62.93%
3	3000	0.8	0.8	62.07%
3	3000	0.8	0.9	61.21%
3	3000	0.9	0.1	62.07%
3	3000	0.9	0.2	62.07%
3	3000	0.9	0.3	61.21%
3	3000	0.9	0.4	62.07%
3	3000	0.9	0.5	61.21%
3	3000	0.9	0.6	61.21%
3	3000	0.9	0.7	59.48%
3	3000	0.9	0.8	59.48%
3	3000	0.9	0.9	58.62%
4	3000	0.5	0.1	58.62%
4	3000	0.5	0.2	62.07%
4	3000	0.5	0.3	61.21%
4	3000	0.5	0.4	62.07%
4	3000	0.5	0.5	62.07%
4	3000	0.5	0.6	61.21%
4	3000	0.5	0.7	61.21%
4	3000	0.5	0.8	62.93%
4	3000	0.5	0.9	62.07%
4	3000	0.6	0.1	60.34%
4	3000	0.6	0.2	61.21%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
4	3000	0.6	0.3	60.34%
4	3000	0.6	0.4	62.07%
4	3000	0.6	0.5	61.21%
4	3000	0.6	0.6	61.21%
4	3000	0.6	0.7	60.34%
4	3000	0.6	0.8	61.21%
4	3000	0.6	0.9	62.07%
4	3000	0.7	0.1	60.34%
4	3000	0.7	0.2	60.34%
4	3000	0.7	0.3	62.07%
4	3000	0.7	0.4	61.21%
4	3000	0.7	0.5	61.21%
4	3000	0.7	0.6	60.34%
4	3000	0.7	0.7	60.34%
4	3000	0.7	0.8	60.34%
4	3000	0.7	0.9	60.34%
4	3000	0.8	0.1	58.62%
4	3000	0.8	0.2	61.21%
4	3000	0.8	0.3	60.34%
4	3000	0.8	0.4	60.34%
4	3000	0.8	0.5	60.34%
4	3000	0.8	0.6	61.21%
4	3000	0.8	0.7	62.07%
4	3000	0.8	0.8	62.07%
4	3000	0.8	0.9	62.07%
4	3000	0.9	0.1	59.48%

E- 6 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
4	3000	0.9	0.2	57.76%
4	3000	0.9	0.3	60.34%
4	3000	0.9	0.4	60.34%
4	3000	0.9	0.5	61.21%
4	3000	0.9	0.6	62.07%
4	3000	0.9	0.7	64.66%
4	3000	0.9	0.8	62.07%
4	3000	0.9	0.9	62.93%

LAMPIRAN F : Hasil Klasifikasi MFDDFA Percobaan 2

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
2	3000	0.5	0.1	59.48%
2	3000	0.5	0.2	61.21%
2	3000	0.5	0.3	59.48%
2	3000	0.5	0.4	62.93%
2	3000	0.5	0.5	63.79%
2	3000	0.5	0.6	62.07%
2	3000	0.5	0.7	61.21%
2	3000	0.5	0.8	60.34%
2	3000	0.5	0.9	61.21%
2	3000	0.6	0.1	59.48%
2	3000	0.6	0.2	59.48%
2	3000	0.6	0.3	62.93%
2	3000	0.6	0.4	62.07%
2	3000	0.6	0.5	60.34%
2	3000	0.6	0.6	61.21%
2	3000	0.6	0.7	61.21%
2	3000	0.6	0.8	62.07%
2	3000	0.6	0.9	62.93%
2	3000	0.7	0.1	60.34%
2	3000	0.7	0.2	60.34%
2	3000	0.7	0.3	61.21%
2	3000	0.7	0.4	61.21%

F- 2 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
2	3000	0.7	0.5	61.21%
2	3000	0.7	0.6	61.21%
2	3000	0.7	0.7	62.07%
2	3000	0.7	0.8	62.07%
2	3000	0.7	0.9	62.93%
2	3000	0.8	0.1	59.48%
2	3000	0.8	0.2	61.21%
2	3000	0.8	0.3	60.34%
2	3000	0.8	0.4	60.34%
2	3000	0.8	0.5	60.34%
2	3000	0.8	0.6	61.21%
2	3000	0.8	0.7	62.07%
2	3000	0.8	0.8	62.93%
2	3000	0.8	0.9	63.79%
2	3000	0.9	0.1	61.21%
2	3000	0.9	0.2	60.34%
2	3000	0.9	0.3	58.62%
2	3000	0.9	0.4	58.62%
2	3000	0.9	0.5	57.76%
2	3000	0.9	0.6	59.48%
2	3000	0.9	0.7	62.07%
2	3000	0.9	0.8	59.48%
2	3000	0.9	0.9	56.03%
3	3000	0.5	0.1	59.48%
3	3000	0.5	0.2	60.34%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.5	0.3	59.48%
3	3000	0.5	0.4	62.07%
3	3000	0.5	0.5	62.07%
3	3000	0.5	0.6	62.07%
3	3000	0.5	0.7	62.07%
3	3000	0.5	0.8	62.93%
3	3000	0.5	0.9	62.93%
3	3000	0.6	0.1	60.34%
3	3000	0.6	0.2	60.34%
3	3000	0.6	0.3	62.07%
3	3000	0.6	0.4	61.21%
3	3000	0.6	0.5	60.34%
3	3000	0.6	0.6	62.07%
3	3000	0.6	0.7	63.79%
3	3000	0.6	0.8	62.93%
3	3000	0.6	0.9	62.93%
3	3000	0.7	0.1	59.48%
3	3000	0.7	0.2	61.21%
3	3000	0.7	0.3	62.07%
3	3000	0.7	0.4	60.34%
3	3000	0.7	0.5	62.93%
3	3000	0.7	0.6	64.66%
3	3000	0.7	0.7	62.93%
3	3000	0.7	0.8	62.93%
3	3000	0.7	0.9	62.93%

F- 4 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.8	0.1	60.34%
3	3000	0.8	0.2	60.34%
3	3000	0.8	0.3	57.76%
3	3000	0.8	0.4	62.07%
3	3000	0.8	0.5	62.07%
3	3000	0.8	0.6	61.21%
3	3000	0.8	0.7	61.21%
3	3000	0.8	0.8	62.07%
3	3000	0.8	0.9	62.93%
3	3000	0.9	0.1	61.21%
3	3000	0.9	0.2	62.93%
3	3000	0.9	0.3	58.62%
3	3000	0.9	0.4	58.62%
3	3000	0.9	0.5	56.90%
3	3000	0.9	0.6	57.76%
3	3000	0.9	0.7	58.62%
3	3000	0.9	0.8	58.62%
3	3000	0.9	0.9	56.03%
4	3000	0.5	0.1	58.62%
4	3000	0.5	0.2	61.21%
4	3000	0.5	0.3	58.62%
4	3000	0.5	0.4	60.34%
4	3000	0.5	0.5	61.21%
4	3000	0.5	0.6	62.07%
4	3000	0.5	0.7	62.07%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
4	3000	0.5	0.8	62.93%
4	3000	0.5	0.9	62.93%
4	3000	0.6	0.1	58.62%
4	3000	0.6	0.2	59.48%
4	3000	0.6	0.3	60.34%
4	3000	0.6	0.4	62.93%
4	3000	0.6	0.5	61.21%
4	3000	0.6	0.6	61.21%
4	3000	0.6	0.7	63.79%
4	3000	0.6	0.8	62.93%
4	3000	0.6	0.9	62.93%
4	3000	0.7	0.1	60.34%
4	3000	0.7	0.2	58.62%
4	3000	0.7	0.3	61.21%
4	3000	0.7	0.4	61.21%
4	3000	0.7	0.5	62.93%
4	3000	0.7	0.6	63.79%
4	3000	0.7	0.7	62.93%
4	3000	0.7	0.8	63.79%
4	3000	0.7	0.9	63.79%
4	3000	0.8	0.1	58.62%
4	3000	0.8	0.2	62.07%
4	3000	0.8	0.3	60.34%
4	3000	0.8	0.4	62.07%
4	3000	0.8	0.5	61.21%

F- 6 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
4	3000	0.8	0.6	61.21%
4	3000	0.8	0.7	60.34%
4	3000	0.8	0.8	62.07%
4	3000	0.8	0.9	60.34%
4	3000	0.9	0.1	62.93%
4	3000	0.9	0.2	62.07%
4	3000	0.9	0.3	59.48%
4	3000	0.9	0.4	58.62%
4	3000	0.9	0.5	57.76%
4	3000	0.9	0.6	56.90%
4	3000	0.9	0.7	58.62%
4	3000	0.9	0.8	58.62%
4	3000	0.9	0.9	59.48%

LAMPIRAN G : Hasil Klasifikasi MFDDFA Percobaan 3

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
2	3000	0.5	0.1	60.34%
2	3000	0.5	0.2	61.21%
2	3000	0.5	0.3	61.21%
2	3000	0.5	0.4	61.21%
2	3000	0.5	0.5	61.21%
2	3000	0.5	0.6	61.21%
2	3000	0.5	0.7	61.21%
2	3000	0.5	0.8	61.21%
2	3000	0.5	0.9	61.21%
2	3000	0.6	0.1	61.21%
2	3000	0.6	0.2	61.21%
2	3000	0.6	0.3	60.34%
2	3000	0.6	0.4	61.21%
2	3000	0.6	0.5	61.21%
2	3000	0.6	0.6	61.21%
2	3000	0.6	0.7	61.21%
2	3000	0.6	0.8	61.21%
2	3000	0.6	0.9	62.93%
2	3000	0.7	0.1	61.21%
2	3000	0.7	0.2	61.21%
2	3000	0.7	0.3	61.21%
2	3000	0.7	0.4	61.21%
2	3000	0.7	0.5	60.34%

G- 2 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
2	3000	0.7	0.6	60.34%
2	3000	0.7	0.7	60.34%
2	3000	0.7	0.8	62.07%
2	3000	0.7	0.9	63.79%
2	3000	0.8	0.1	61.21%
2	3000	0.8	0.2	61.21%
2	3000	0.8	0.3	61.21%
2	3000	0.8	0.4	61.21%
2	3000	0.8	0.5	62.07%
2	3000	0.8	0.6	61.21%
2	3000	0.8	0.7	62.07%
2	3000	0.8	0.8	62.93%
2	3000	0.8	0.9	62.07%
2	3000	0.9	0.1	61.21%
2	3000	0.9	0.2	61.21%
2	3000	0.9	0.3	61.21%
2	3000	0.9	0.4	58.62%
2	3000	0.9	0.5	58.62%
2	3000	0.9	0.6	59.48%
2	3000	0.9	0.7	60.34%
2	3000	0.9	0.8	60.34%
2	3000	0.9	0.9	57.76%
3	3000	0.5	0.1	64.66%
3	3000	0.5	0.2	61.21%
3	3000	0.5	0.3	61.21%
3	3000	0.5	0.4	61.21%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.5	0.5	59.48%
3	3000	0.5	0.6	61.21%
3	3000	0.5	0.7	60.34%
3	3000	0.5	0.8	60.34%
3	3000	0.5	0.9	60.34%
3	3000	0.6	0.1	62.93%
3	3000	0.6	0.2	61.21%
3	3000	0.6	0.3	61.21%
3	3000	0.6	0.4	59.48%
3	3000	0.6	0.5	60.34%
3	3000	0.6	0.6	60.34%
3	3000	0.6	0.7	60.34%
3	3000	0.6	0.8	62.07%
3	3000	0.6	0.9	61.21%
3	3000	0.7	0.1	61.21%
3	3000	0.7	0.2	62.07%
3	3000	0.7	0.3	59.48%
3	3000	0.7	0.4	60.34%
3	3000	0.7	0.5	59.48%
3	3000	0.7	0.6	59.48%
3	3000	0.7	0.7	61.21%
3	3000	0.7	0.8	61.21%
3	3000	0.7	0.9	62.93%
3	3000	0.8	0.1	61.21%
3	3000	0.8	0.2	59.48%
3	3000	0.8	0.3	59.48%

G- 4 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.8	0.4	58.62%
3	3000	0.8	0.5	58.62%
3	3000	0.8	0.6	60.34%
3	3000	0.8	0.7	61.21%
3	3000	0.8	0.8	61.21%
3	3000	0.8	0.9	61.21%
3	3000	0.9	0.1	62.93%
3	3000	0.9	0.2	61.21%
3	3000	0.9	0.3	59.48%
3	3000	0.9	0.4	60.34%
3	3000	0.9	0.5	57.76%
3	3000	0.9	0.6	60.34%
3	3000	0.9	0.7	58.62%
3	3000	0.9	0.8	59.48%
3	3000	0.9	0.9	58.62%
4	3000	0.5	0.1	61.21%
4	3000	0.5	0.2	61.21%
4	3000	0.5	0.3	62.07%
4	3000	0.5	0.4	60.34%
4	3000	0.5	0.5	62.07%
4	3000	0.5	0.6	60.34%
4	3000	0.5	0.7	62.07%
4	3000	0.5	0.8	61.21%
4	3000	0.5	0.9	61.21%
4	3000	0.6	0.1	61.21%
4	3000	0.6	0.2	60.34%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
4	3000	0.6	0.3	61.21%
4	3000	0.6	0.4	62.93%
4	3000	0.6	0.5	61.21%
4	3000	0.6	0.6	61.21%
4	3000	0.6	0.7	61.21%
4	3000	0.6	0.8	61.21%
4	3000	0.6	0.9	61.21%
4	3000	0.7	0.1	62.07%
4	3000	0.7	0.2	62.07%
4	3000	0.7	0.3	62.07%
4	3000	0.7	0.4	60.34%
4	3000	0.7	0.5	61.21%
4	3000	0.7	0.6	60.34%
4	3000	0.7	0.7	61.21%
4	3000	0.7	0.8	61.21%
4	3000	0.7	0.9	61.21%
4	3000	0.8	0.1	60.34%
4	3000	0.8	0.2	62.07%
4	3000	0.8	0.3	60.34%
4	3000	0.8	0.4	59.48%
4	3000	0.8	0.5	61.21%
4	3000	0.8	0.6	60.34%
4	3000	0.8	0.7	61.21%
4	3000	0.8	0.8	60.34%
4	3000	0.8	0.9	62.93%
4	3000	0.9	0.1	62.07%

G- 6 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
4	3000	0.9	0.2	60.34%
4	3000	0.9	0.3	60.34%
4	3000	0.9	0.4	58.62%
4	3000	0.9	0.5	58.62%
4	3000	0.9	0.6	59.48%
4	3000	0.9	0.7	59.48%
4	3000	0.9	0.8	60.34%
4	3000	0.9	0.9	57.76%

LAMPIRAN H : Hasil Klasifikasi MFDDFA Percobaan 4

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
2	3000	0.5	0.1	63.79%
2	3000	0.5	0.2	63.79%
2	3000	0.5	0.3	63.79%
2	3000	0.5	0.4	64.66%
2	3000	0.5	0.5	62.93%
2	3000	0.5	0.6	62.93%
2	3000	0.5	0.7	62.93%
2	3000	0.5	0.8	62.93%
2	3000	0.5	0.9	61.21%
2	3000	0.6	0.1	63.79%
2	3000	0.6	0.2	62.93%
2	3000	0.6	0.3	62.93%
2	3000	0.6	0.4	63.79%
2	3000	0.6	0.5	62.93%
2	3000	0.6	0.6	62.93%
2	3000	0.6	0.7	62.93%
2	3000	0.6	0.8	62.93%
2	3000	0.6	0.9	62.93%
2	3000	0.7	0.1	63.79%
2	3000	0.7	0.2	62.07%
2	3000	0.7	0.3	63.79%
2	3000	0.7	0.4	63.79%
2	3000	0.7	0.5	62.93%

H- 2 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
2	3000	0.7	0.6	61.21%
2	3000	0.7	0.7	62.07%
2	3000	0.7	0.8	62.93%
2	3000	0.7	0.9	62.93%
2	3000	0.8	0.1	63.79%
2	3000	0.8	0.2	62.07%
2	3000	0.8	0.3	60.34%
2	3000	0.8	0.4	60.34%
2	3000	0.8	0.5	60.34%
2	3000	0.8	0.6	61.21%
2	3000	0.8	0.7	62.07%
2	3000	0.8	0.8	63.79%
2	3000	0.8	0.9	63.79%
2	3000	0.9	0.1	62.07%
2	3000	0.9	0.2	60.34%
2	3000	0.9	0.3	58.62%
2	3000	0.9	0.4	58.62%
2	3000	0.9	0.5	59.48%
2	3000	0.9	0.6	60.34%
2	3000	0.9	0.7	58.62%
2	3000	0.9	0.8	58.62%
2	3000	0.9	0.9	56.90%
3	3000	0.5	0.1	62.93%
3	3000	0.5	0.2	62.93%
3	3000	0.5	0.3	63.79%
3	3000	0.5	0.4	63.79%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.5	0.5	63.79%
3	3000	0.5	0.6	62.93%
3	3000	0.5	0.7	62.93%
3	3000	0.5	0.8	62.93%
3	3000	0.5	0.9	62.93%
3	3000	0.6	0.1	63.79%
3	3000	0.6	0.2	63.79%
3	3000	0.6	0.3	60.34%
3	3000	0.6	0.4	61.21%
3	3000	0.6	0.5	63.79%
3	3000	0.6	0.6	63.79%
3	3000	0.6	0.7	62.93%
3	3000	0.6	0.8	62.93%
3	3000	0.6	0.9	62.93%
3	3000	0.7	0.1	62.93%
3	3000	0.7	0.2	61.21%
3	3000	0.7	0.3	61.21%
3	3000	0.7	0.4	63.79%
3	3000	0.7	0.5	62.93%
3	3000	0.7	0.6	62.07%
3	3000	0.7	0.7	62.07%
3	3000	0.7	0.8	62.93%
3	3000	0.7	0.9	62.07%
3	3000	0.8	0.1	62.07%
3	3000	0.8	0.2	61.21%
3	3000	0.8	0.3	62.07%

H- 4 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
3	3000	0.8	0.4	61.21%
3	3000	0.8	0.5	61.21%
3	3000	0.8	0.6	61.21%
3	3000	0.8	0.7	61.21%
3	3000	0.8	0.8	62.07%
3	3000	0.8	0.9	59.48%
3	3000	0.9	0.1	61.21%
3	3000	0.9	0.2	62.07%
3	3000	0.9	0.3	58.62%
3	3000	0.9	0.4	58.62%
3	3000	0.9	0.5	58.62%
3	3000	0.9	0.6	58.62%
3	3000	0.9	0.7	58.62%
3	3000	0.9	0.8	57.76%
3	3000	0.9	0.9	58.62%
4	3000	0.5	0.1	67.24%
4	3000	0.5	0.2	65.52%
4	3000	0.5	0.3	65.52%
4	3000	0.5	0.4	63.79%
4	3000	0.5	0.5	61.21%
4	3000	0.5	0.6	63.79%
4	3000	0.5	0.7	62.93%
4	3000	0.5	0.8	62.07%
4	3000	0.5	0.9	62.07%
4	3000	0.6	0.1	66.38%
4	3000	0.6	0.2	67.24%

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correctly Classified ANN
4	3000	0.6	0.3	62.93%
4	3000	0.6	0.4	57.76%
4	3000	0.6	0.5	63.79%
4	3000	0.6	0.6	62.07%
4	3000	0.6	0.7	62.07%
4	3000	0.6	0.8	62.07%
4	3000	0.6	0.9	61.21%
4	3000	0.7	0.1	65.52%
4	3000	0.7	0.2	63.79%
4	3000	0.7	0.3	58.62%
4	3000	0.7	0.4	63.79%
4	3000	0.7	0.5	63.79%
4	3000	0.7	0.6	60.34%
4	3000	0.7	0.7	58.62%
4	3000	0.7	0.8	60.34%
4	3000	0.7	0.9	61.21%
4	3000	0.8	0.1	66.38%
4	3000	0.8	0.2	60.34%
4	3000	0.8	0.3	59.48%
4	3000	0.8	0.4	56.03%
4	3000	0.8	0.5	57.76%
4	3000	0.8	0.6	58.62%
4	3000	0.8	0.7	59.48%
4	3000	0.8	0.8	61.21%
4	3000	0.8	0.9	61.21%
4	3000	0.9	0.1	61.21%

H- 6 -

Hidden layer	Epoch	Momentum	Learning Rate	Correcty Classified ANN
4	3000	0.9	0.2	60.34%
4	3000	0.9	0.3	58.62%
4	3000	0.9	0.4	56.03%
4	3000	0.9	0.5	57.76%
4	3000	0.9	0.6	60.34%
4	3000	0.9	0.7	59.48%
4	3000	0.9	0.8	57.76%
4	3000	0.9	0.9	56.90%

